

# UPM-ETSIN



## Memoria

---

PFC nº 10 – Cuaderno 1

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1. Análisis de la misión y enfoque conceptual del proyecto.....	3
2. Problemas principales del Proyecto.....	5
3. Metodología y criterios aplicados en el desarrollo del proyecto. Bases de datos.....	6
3.1 Dimensiones Principales.....	11
3.2 Formas.....	12
3.3 Disposición de los Espacios de Carga.....	13
3.4 Propulsión y Máquinas.....	14
3.5 Planta de Generación de Energía Eléctrica.....	15
3.6 Instalaciones Específicas.....	16
3.6.1 Sistema Antiescora.....	16
3.6.2 Generación de agua dulce .....	16
3.6.3 Ventilación de los espacios de carga y máquinas .....	17
3.6.4 Aire acondicionado en habitación .....	17
3.6.5 Habitación .....	18
3.6.6 Resumen.....	19
4. Bibliografía general.....	20



## 1. Análisis de la misión y enfoque conceptual del proyecto

En los sucesivos cuadernos se desarrolla el proyecto de un buque CON-RO-RO cuya misión es el transporte de mercancías, en particular, el transporte de Contenedores y Tráileres, con una autonomía de hasta 8000 millas náuticas a una velocidad de crucero moderada de alrededor de los 17 nudos.

La especificación de dicho buque es la siguiente.

---

Tipo de buque:	CON-RO-RO
Capacidad de carga	
Carga 1:	1400 metros lineales
Carga 2:	500 TEU's sobre cubierta
Peso Muerto:	7500 tpm
Sociedad de Clasificación:	Bureau Veritas Cámara Desatendida
Reglamentos:	Solas-2009, Marpol, Convenio Líneas de Carga
Velocidad:	18 nudos al 85% MCR en pruebas
Autonomía:	8000 millas al 90% MCR y 15% margen de mar
Tripulación:	25 personas

---

El buque CON-RO/RO es un claro eslabón de la cadena de transporte intermodal. Nace como una variación del buque puramente roro, es un buque más polivalente ya que está pensado para transportar carga rodada y contenedores simultáneamente. Combina muchas veces el concepto de buque roro y lolo ya que los contenedores suelen ir estibados en la cubierta expuesta en varios niveles lo que suele hacer complicada la descarga mediante medios rodantes. Según los medios disponibles en los puertos en los que el conro opera, es a veces normal ver que disponen de grúas pórtico o plumas en cubierta.

Un buque CON-RO/RO, conceptualmente, es un buque de volumen. Además, por el tipo de envase en que se transporte la carga, ésta se puede considerar como carga bidimensional, pues su altura es siempre constante, o incluso unidimensionalmente (con altura y anchura constantes). En consecuencia, este tipo de buque tiene la característica de disponer de entrepuentes de altura constante y conocida.

Sus dimensiones quedan pues definidas por la superficie de “aparcamiento” o por la longitud de carril. Este tipo de buques aprovechan peor su capacidad que los buques de carga general y que los buques portacontenedores, debido a los huelgos requeridos para la estiba y la maniobra de los



vehículos.

Para maximizar el rendimiento se puede optimizar el aprovechamiento de las cubiertas de carga, procurando suprimir los espacios muertos del buque, así como mediante la modularización de camarotes y espacios de habilitación.

En el diseño preliminar del buque se deben tener en cuenta una serie de parámetros o particularidades determinadas por el armador, que condicionan el proyecto del buque, entre ellas:

- Misiones del buque.
- Número de tripulantes.
- Tipo y número de vehículos a transportar, metros lineales de carga (PM).
- Preferencias entre rampas fijas o móviles, que comunican las cubiertas de carga entre sí.
- Utilización de ascensores.
- Preferencias del armador sobre tipo de instalación propulsora, contaminación medioambiental.
- Velocidad en pruebas y en servicio, así como regímenes correspondientes de potencia propulsora.
- Autonomía.

La problemática del proyecto del buque CON-RO/RO es muy diversa, sobre todo considerando la estiba de carga sobre cubiertas altas y/o en bodega. Si la estiba es en cubiertas altas, la gran altura del centro de gravedad de la carga se debe compensar, por razones de estabilidad, con lastre. Por el contrario, si la estiba es en la bodega, el problema puede ser el exceso de estabilidad, que someterá a la carga a grandes aceleraciones.

Asimismo, las zonas de tránsito de la carga, incluidas las rampas, deberán estar suficientemente reforzadas.

Al considerarse como un buque de altura de entrepuentes constante, las principales variables del proyecto son el número de entrepuentes y el área de cada cubierta, a fin de conseguir la superficie total disponible para carga. Esta superficie total a veces se define solamente por la longitud de carril, cuando el ancho del vehículo es constante.





En un buque CON-RO/RO su condicionante principal suele ser el puntal, pues se proyecta estudiando con cuidado los problemas de escasa o nula estabilidad de buque intacto, pues la solución más económica, que es el incremento del puntal, no siempre es admisible por los citados problemas de estabilidad. En este caso, con mayores implicaciones al incrementarse siempre en cantidades discretas, puesto que la altura de entrepuentes es constante dependiendo del tipo de carga.

## 2. Problemas principales del Proyecto

Un primer problema que nos ha presentado este proyecto es la escasez de buques de este tipo, siendo más comunes los buques puramente ro-ro o portacontenedores.

Se ha optado por dimensionarlo como si de un buque Ro-Ro puro se tratara, teniendo siempre en mente que el poseer contenedores apilados en la cubierta expuesta, podría acarrear problemas de estabilidad.

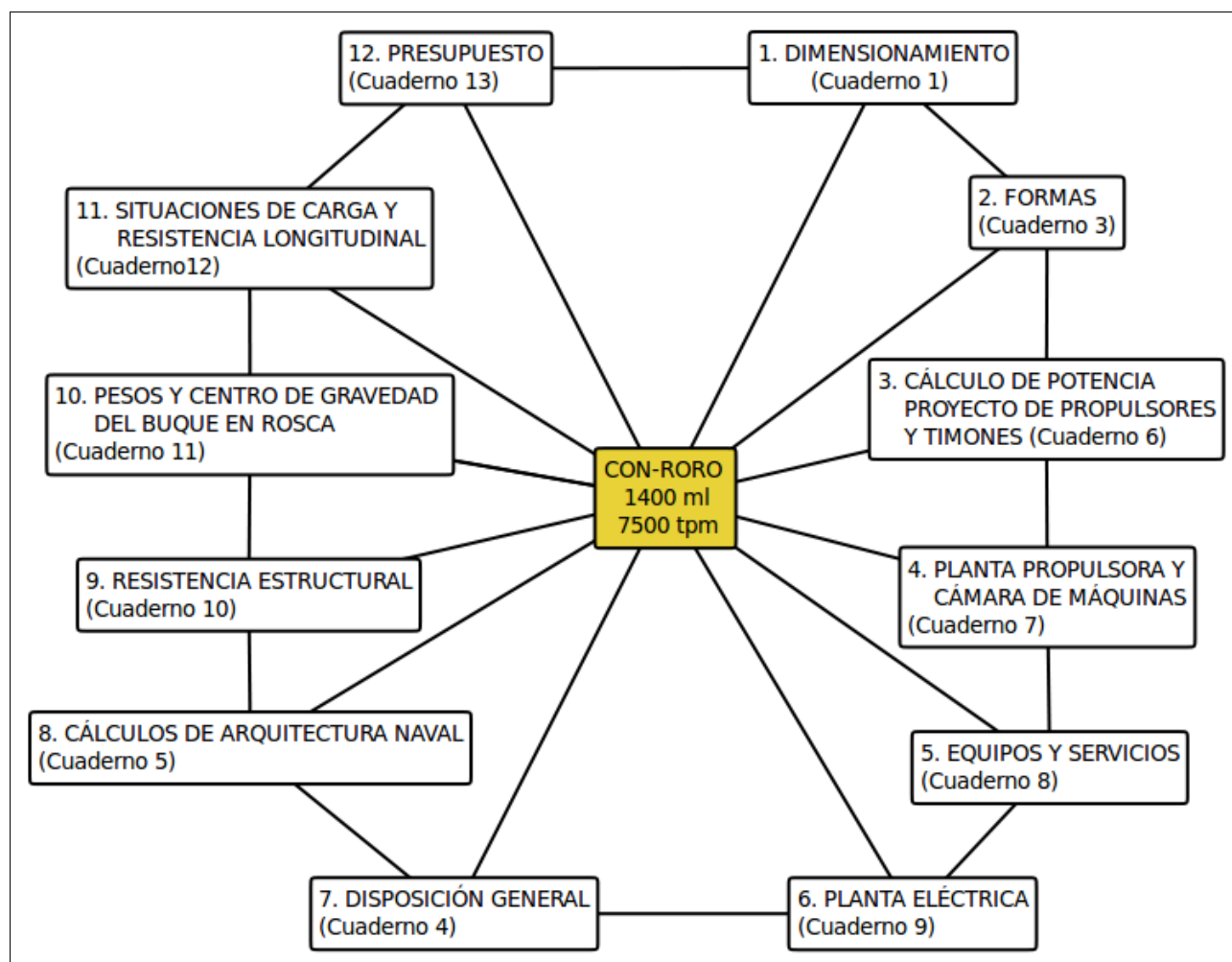
Asimismo la estabilidad en averías es crítica si no se toman las medidas adecuadas.

Otro reto que tienen estos barcos es la estructura. La carga en este tipo de buques necesita de cierto grado de maniobra bien sea para ser cargada como para ser cargada, siendo las dimensiones de ésta son considerables, por lo que es interesante conseguir cubiertas lo más diáfanas posible con el fin de poner el menor número de impedimentos posible, para ello se intentará poner el menor numero de puntales.

### 3. Metodología y criterios aplicados en el desarrollo del proyecto. Bases de datos.

Para realizar este proyecto se han planteado diversos cuadernos donde se van desarrollando distintos aspectos del mismo siendo unos entrada de datos y características para otros.

El orden lógico que se ha seguido es el siguiente:



Se ha comenzado con una búsqueda de buques de características similares a las descritas en la especificación, configurando una base de datos en la que se han introducido datos relevantes para el proyecto como:

En cuanto a dimensiones principales



1. Tipo de buque
2. Año de Construcción
3. Eslora total
4. Eslora entre perpendiculares
5. Manga
6. Calado
7. Puntal a cubierta expuesta
8. Desplazamiento
9. Peso Muerto
10. Peso en Rosca
11. Arqueo Bruto
12. Arqueo Neto
13. Accesos
14. Sociedad de Clasificación
15. Número de rampas

En cuanto a potencia

1. Marca y modelo del motor
2. Potencia
3. Velocidad
4. Tipo de combustible
5. Capacidad del tanque de combustible
6. Número de línea de ejes / propulsores

En cuanto a capacidad de carga

1. Número de cubiertas
2. Capacidad de contenedores
3. Capacidad de contenedores refrigerados
4. Metros lineales
5. Ancho de los carriles

Siendo la mayoría buques ro-ro de peso muerto entre las 5.000 y 10.000 toneladas de PM.



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 1: Memoria explicativa del tipo de buque y misión a la que se destina

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



Nombre	TIPO	Año	GEOMETRÍA																
			Desplazamiento (t)		Peso Muerto PM		Peso Rosca	GT (gt)	NT (nt)	Accesos	LOA (m)	LPP (m)	Bd (m)	T diseño	T scantling	PUNTAL H (m)		ANCHO DOBLE CASCO (m)	
			T diseño	T escantillon	PM_d (t)	PM_s (t)										Hp	Hs	COSTADOS	FONDO
Lilium	Ro-Ro/Container	1977	6498	6498	14600	6498		5671			119	107,24	18,98	7,65					
Ming Zhou 12	Ro-Ro/Container	1977	7242	7242		7242		4628			118,5	108,2	17,61	6,88					
Oleander	Ro-Ro/Container	1990	4950	4950		4950		6299			117,51	108,6	19,82	5,45					
OPDR ANDALUCIA	Ro-Ro/Container	2007	7239	7239		7239		11250	1		145	136,7	22	??	6	7,2	13,9	1,88/3,40	1,4
PAULINE	Ro-Ro/Container	2006	14600	16600	11776	16600		49200			203	190,42	31	7,4	7,8	9,9	18,6		
RR Triumph	Ro-Ro/Container	1997	4935	4935		4935		7606			122,3	112,2	19,8	5,78					
SEAGARD	Ro-Ro/Container	1999	7226	7226		7226		10488	3147	1	153,45		20,6	??	7				
Seawhee	Ro-Ro/Container	1977	7355	7355		7355		10279			142,35	129,5	21,43	7,14					
Strofades II	Ro-Ro/Container	1974	5615	5615	8780	5615		11797			137,52	126,5	22,36	6,64					
Timber Dynasty	Ro-Ro/Container	1995	6965	6965		6965		5543			97,55	89,95	18,8	7,42					
TIMCA	Ro-Ro/Container	2006	24976	30650		17450	13200	28301	1		205,2	190	25,5	7,22	8,52	9	15,65		
TMS Express	Ro-Ro/Container	1977	6583	6583		6583		5660			119	107,24	18,98	7,65					
Tor Begonia	Ro-Ro/Container	2004	10070	10070	8780	10070		32289			199,8	189,69	26,5	6,95	7,35				
Tor Freesia	Ro-Ro/Container	2005	11070	11070		11070		32289			199,8	189,69	26,5	6,95	7,35	9,4	16,95		
Tor Magnolia	Ro-Ro/Container	2003	22611	22611		10407	12204	32289			199,8	189,69	26,5	6,95	7,35				
Transgard	Ro-Ro/Container	1996	7619	7619		7619		10750			138,5	128	23,1	7					
Xing Shun	Ro-Ro/Container	1977	6421	6421		6421		5664			119	104,02	18,95	7,46					
OTELLO	ro ro PCTC	2006	33800	43250	13200	22650	20600	60942		1	199	190,5	32,26	9,5	11,3	14,3	34,7	3,975/1,55	3
SHANGHAI HIGHWAY	ro ro PCTC	2005	10600	15413	10600	15413		48927		1	179,99	167	32,2	8,4	9,4	12,6	32,21		
ELBE HIGHWAY	ro ro	2005	14457	16457	5800	7800	8657	23500			148	134	25	7,2	7,9	11,8	25,2	2,60/1,30	2,45
PONT AVEN			0	0															
MAERSK FLANDERS	RO RO CARGO	2000	10427	11472	4593	5638	5834	13073			142,5	134	23,2	5,01	5,41	7,4	13,2		
SUPER FAST LEVANTE	RO RO CARGO	2001	15053	17318	7660	9925	7393	7530			159	139,5	25,2	6,5	7,2	8,4	16,6		
SUAR VIGO/GALICIA	RO RO CARGO	2001	9695	11852	4300	6457	5395	16925			149,4	139,5	21	5,5	7,6	7	14,1		
1573 (ASTILLEROS HUELVA)	Ro-Ro/Container		5700	0	5700			7800			122,32	112,2	19,8	6,2		7,2	12,9		
NEPTUNE DYNAMIS	RO RO CARGO	2001	9898	12318	4700	7120	5198	17590			160	145	24,2	6,1	6,8	7,2	14,6		
VILLE DE BORDEAUX	RO RO CARGO	2004	10870	13800	2270	5200	8600	21513			154,15	138	24	6,5	6,6	8,7	21,85		
TOVOFUII MARU	CAR CARRIER	2005	17384	19744	5490	7850	11894	28194			165	157	27,6	6,2	6,9	9,2	24,15		
FRIEDRICH RUSS	Ro-Ro/Container	1999			7291			10471	3141		153,4	142,1	20,6	6,92		8,42			
BALTICBORG	Ro-Ro/Container	2004	9000	0	9000			12460	3738		153,05	144,2	21,6	7,1		8,4			
SUPERFAST GALICIA	RORO	2003	0	0				16686	5006	3	159,7		23,2	6,2		8			
TELO	RORO		5500	0	5500			9479	2844		152,7	140,2	19,2	6,58			13,1		



Nombre	TIPO	Año	PROPULSIÓN																		
			Vs (kn)	MCR	SEA MARGIN	Bunker					Consumo t/día	AUTONOMÍA	Potencia (kW)	Potencia (CV)	MOTOR	rpm	REDUCTORA (GEAR)				
						DO (m³)	HFO (m³)	ACEITE LUBRICAN TE	AGUA DULCE	Lastre (m³)							Marca	nº	model	output (kW)	rev salida
Lilium	Ro-Ro/Container	1977	16				1090						6550,4	8900	M.A.N.						
Ming Zhou 12	Ro-Ro/Container	1977	13				449				12,3		3312	4500	Mitsubishi						
Oleander	Ro-Ro/Container	1990	16			622					22		5202,78	7069	M.a.K.						
OPDR ANDALUCIA	Ro-Ro/Container	2007	16,4	90	15	108	768		4320	23		6000,00	8152,17	Caterpillar MaK							
PAULINE	Ro-Ro/Container	2006	21,7	85		160	1300		8000	77,3		21600,00	29347,83	Caterpillar MaK							
RR Triumph	Ro-Ro/Container	1997	16				700			33		7504,26	10196	Wartsila							
SEAGARD	Ro-Ro/Container	1999	21									15600,00	21195,65	Wartsila							
Seawhee	Ro-Ro/Container	1977	16				650			38		9420,8	12800	M.W.M.							
Strofades II	Ro-Ro/Container	1974	17				509			42		7728	10500	Werkspoor							
Timber Dynasty	Ro-Ro/Container	1995	12,5				308			13		3238,4	4400	Akasaka							
TIMCA	Ro-Ro/Container	2006	22,7	85		479	1882		7109	92,3		18547,2	25200	Wartsila	500	RENK	2	HSN 1400	25200	120,9	
TMS Express	Ro-Ro/Container	1977	16				1373					6550,4	8900	M.A.N.							
Tor Begonia	Ro-Ro/Container	2004	22,5							73,7		19793,25	26893	B. & W.							
Tor Freesia	Ro-Ro/Container	2005	22,5									19793,98	26894	B. & W.							
Tor Magnolia	Ro-Ro/Container	2003	22,5	90	15	130	1470		4025	73,7		19793,25	26893	B. & W.							
Transgard	Ro-Ro/Container	1996	20				1263			48		14488,90	19686	Wartsila							
Xing Shun	Ro-Ro/Container	1977	15				1296					6550,4	8900	M.A.N.							
OTELLO	ro ro PCTC	2006	20,6	80		400	4160		9300	50,2		15820,00	21494,57								
SHANGHAI HIGHWAY	ro ro PCTC	2005	20				2956					15785,00	21447,01								
ELBE HIGHWAY	ro ro	2005	19	90	15	180	1400		3850			9170,00	12459,24								
PONT AVEN												0									
MAERSK FLANDERS	RO RO CARGO	2000										0									
SUPER FAST LEVANTE	RO RO CARGO	2001	22,3	74		197	1830		4048			0									
SUAR VIGO/GALICIA	RO RO CARGO	2001	20	85		100	770		2330		6500	0									
1573 (ASTILLEROS HUELVA)	Ro-Ro/Container		17	90		100	700	25	110	2400		7400,00	10054,35		750						
NEPTUNE DYNAMIS	RO RO CARGO	2001	22	90	15																
VILLE DE BORDEAUX	RO RO CARGO	2004										0									
TOVOFUII MARU	CAR CARRIER	2005										0									
FRIEDRICH RUSS	Ro-Ro/Container	1999	20				840		3963			11036,32	14995	Wartsila							
BALTICBORG	Ro-Ro/Container	2004	19				706					9450	12840	WARTSILA4 T - 9	500						
SUPERFAST GALICIA	RORO	2003	23,5									25200		Wartsila 12V46C							
TELO	RORO											0									

3.1



Nombre	TIPO	Año	PROPULSIÓN							CAPACIDAD CARGA									
			rev del pto (rev/min)	PROPELLERS					velocidad (rev/min)	Nº Cubiertas			METROS LINEALES	ANCHO CARRIL	área de carga m²	TEU's	Reffer Plugs/TEUS	COCHES	TRAILER (12m)
				material	diseño	nº	pitch	diametro (mm)		Fijas	CUBIERTAS	Móviles							
Lilium	Ro-Ro/Container	1977								1						328	264	39	
Ming Zhou 12	Ro-Ro/Container	1977								1						358	10	219	
Oleander	Ro-Ro/Container	1990								1						362	60	900	4
OPDR ANDALUCIA	Ro-Ro/Container	2007								3			1590			500	250		1508
PAULINE	Ro-Ro/Container	2006								6						848			
RR Triumph	Ro-Ro/Container	1997								2			1057	3		266	50	750	24
SEAGARD	Ro-Ro/Container	1999								3			1606	3	4827	324			
Seawhee	Ro-Ro/Container	1977								2			1388			253	60		105
Strofades II	Ro-Ro/Container	1974								2			1462	7		252	10		106
Timber Dynasty	Ro-Ro/Container	1995																275	
TIMCA	Ro-Ro/Container	2006	1800	cunial alloy	wartsila	2	C	10800	121										
TMS Express	Ro-Ro/Container	1977								1						328	264	275	
Tor Begonia	Ro-Ro/Container	2004								4			3831			430		275	247
Tor Freesia	Ro-Ro/Container	2005								4			3831			430		96	247
Tor Magnolia	Ro-Ro/Container	2003				1	C	6100		4			3831	2,9		430			247
Transgard	Ro-Ro/Container	1996								2			1511	3		421	50		
Xing Shun	Ro-Ro/Container	1977								2						329	184		
OTELLO	ro ro PCTC	2006								8		5			56500			6700	
SHANGHAI HIGHWAY	ro ro PCTC	2005								9		3						5036	
ELBE HIGHWAY	ro ro	2005								6		2						2137 type RT43	
PONT AVEN																			
MAERSK FLANDERS	RO RO CARGO	2000																	
SUPER FAST LEVANTE	RO RO CARGO	2001				2	F	4500											
SUAR VIGO/GALICIA	RO RO CARGO	2001				2	C	4300											
1573 (ASTILLEROS HUELVA)	Ro-Ro/Container					2	C	3800					1140			266			
NEPTUNE DYNAMIS	RO RO CARGO	2001				2	C	4200											
VILLE DE BORDEAUX	RO RO CARGO	2004																	
TOVOFUII MARU	CAR CARRIER	2005																	
FRIEDRICH RUSS	Ro-Ro/Container	1999								2			1624			303	50		
BALTICBORG	Ro-Ro/Container	2004								2	3		1600			208+104FEU			
SUPERFAST GALICIA	RORO	2003																	
TELO	RORO									2	3								

3.2



### 3.3 Dimensiones Principales

Para dimensionar el buque proyecto, el criterio de partida es la capacidad de carga, de modo que se estudian las diferentes alternativas que permiten albergar 1.400 metros lineales de tráileres y 500 TEUs en carga combinada. Se opta por una de ellas atendiendo al resto de los requisitos del proyecto y a dos puntos de vista fundamentales: la estabilidad y la resistencia al avance.

El dimensionamiento del buque consiste en la determinación de los parámetros geométricos fundamentales de la carena, manga, calado, eslora entre perpendiculares y coeficientes hidrodinámicos, para cuya realización se tendrán presentes las disposiciones de buques similares ya construidos.

Asimismo, se contempla en los requerimientos de estabilidad inicial de buque intacto, el peso en rosca del buque y, sobre todo, la capacidad de carga.

La estabilidad requerida lleva a mangas anchas y relaciones L/B bajas, a pesar de ser un buque bastante rápido de formas finas, con bulbo en proa y popa de estampa. La velocidad requerida lleva a coeficientes de bloque relativamente bajos, mientras que el coeficiente prismático es elevado para obtener el mayor espacio de carga.

Los garajes son lo más rectangulares posible y libres de puntales para reducir así la probabilidad de daño a los vehículos y facilitar las maniobras de carga y descarga. Se procura desplazar la carga hacia popa, de modo que el centro de gravedad quede por detrás de la maestra. El centro de carena se sitúa también hacia popa buscando estar en la vertical del centro de gravedad, de modo que las formas tendrán cuerpo fino en proa y más lleno en popa.

Se estudia en las diferentes alternativas, que cumplen con la especificación básica y se busca la alternativa óptima, especificando los motivos por los que se rechazan el resto de alternativas.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 1: Memoria explicativa del tipo de buque y misión a la que se destina

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



### 3.4 Formas

Las formas del casco deben cumplir diversos requisitos para que se consideren satisfactorias, algunos de los cuales pueden resultar aparentemente opuestos entre sí.

Por un lado, el casco debe albergar la carga y todos los equipos e instalaciones necesarios para el funcionamiento del mismo, cumpliendo con la especificación de proyecto. Por otro lado, se deben establecer unas formas que permitan alcanzar la velocidad de proyecto sin elevar innecesariamente la potencia requerida, con el objetivo de reducir las exigencias de la planta propulsora en cuanto a potencia, tamaño, coste, etc. Además, dichas formas han de cumplir con los requerimientos de estabilidad establecidos en las reglas aplicables a este tipo de buques.

Para generar las formas del buque proyecto se parte de las formas de un buque semejante ya construido, cuyo comportamiento ha resultado ser satisfactorio.

Los programas de diseño utilizados para ello son Rhinoceros, AutoCad y MaxSurf Professional.





### **3.5 Disposición de los Espacios de Carga**

Los garajes son lo más rectangulares posible, sin mamparos transversales ni puntales, buscando espacios diáfanos buscando permitir una gran maniobrabilidad a la carga y el óptimo aprovechamiento superficial y volumétrico.

Se disponen tambuchos laterales, cuya principal función es actuar como limitador del daño en caso de choque lateral y reserva de flotabilidad en caso de inundación. Además, dichos tambuchos albergan pañoles, salas de control, troncos de escaleras, exhaustaciones de motores principales y auxiliares, caldera, ventilaciones, etc.

La estructura de las cubiertas bajo garajes es reticular, con elementos transversales y longitudinales de características parecidas, favoreciendo así una adecuada resistencia local.

Como la zona de las cubiertas de carga es totalmente diáfana, sin mamparos ni puntales, la resistencia transversal del buque proyecto se consigue por medio de bulárcamas y baos convenientemente escantillonados.

La condición habitual de trabajo de un buque CON-RoRo es la de quebranto, debido a un cuerpo cilíndrico de poca longitud, así como a la distribución de carga a lo largo de la eslora.



### 3.6 Propulsión y Máquinas

La utilización de motores diésel semirrápidos es la única alternativa viable de propulsión diésel por su pequeño tamaño, el puntal útil en cámara de máquinas en este tipo de buques suele ser muy reducido, descartando así prácticamente desde el primer momento, la utilización de motores lentos de dos tiempos directamente acoplados por su gran altura.

Se disponen dos líneas de ejes con hélices de paso controlable, que confieren mayor seguridad y maniobrabilidad, así como un ajuste óptimo de potencia- revoluciones para las diferentes velocidades requeridas por el armador. Además, este tipo de hélices permite individualizar el empuje de cada propulsor, lo que implica una mejora en la maniobrabilidad del buque. Cada línea de ejes irá conectada a una reductora donde se engranará el motor principal con la hélice.

Asimismo, el buque debe entrar y salir de puerto en el menor tiempo posible y sin ayuda externa, para que los costes de explotación sean mínimos, por lo que se instala una hélices a proa que proporcionan gran capacidad de maniobra.

Para el proceso de cálculo de la resistencia en aguas tranquilas, potencia propulsora, coeficientes propulsivos y dimensionamiento de la hélice se emplea el Método de Holtrop-Mennen, así como la geometría y características de la serie BB de Wageningen.



### **3.7 Planta de Generación de Energía Eléctrica**

Asumiendo que el buque navegará en aguas europeas, se dispone una instalación eléctrica principal con corriente alterna trifásica a 50Hz y tensión de 380V. Asimismo, se instala una red de 220V para los servicios de alumbrado, comunicaciones y aparatos de pequeño consumo.

El buque proyecto dispone de dos generadores de cola accionados por tomas en la reductora de cada línea de ejes, para generar la energía eléctrica necesaria para alimentar las hélices de proa durante la situación de maniobra. Como la operación de dos generadores de cola en paralelo no es posible, se conectan en cuadro partido.



## **3.8 Instalaciones Específicas**

### **3.8.1 Sistema Antiescora**

Durante la carga y descarga del buque, se produce un desplazamiento de cargas que provoca cambios en el centro de gravedad. Para evitar que se produzcan trimados y escoras excesivas, se disponen tanques antiescora permanentes, así como tanques en los piques de proa y popa para ser lastrados en caso necesario.

La estabilización del movimiento de balance es especialmente importante, tanto en lo referente a aceleraciones locales verticales, como a amplitudes de balance significativas, pues es un buque de altura metacéntrica elevada. Además, estos factores pueden producir trastornos físicos y mareos a la tripulación, así como daños a la carga.

### **3.8.2 Generación de agua dulce**

El buque está dotado de dos tanques de agua dulce con capacidad para satisfacer 24h de consumo cada uno. Esta agua almacenada se destina exclusivamente al consumo humano como agua potable.

Asimismo, se instala un generador de agua dulce, que emplea el agua de mar del colector principal de cámara de máquinas como elemento condensante y la correspondiente a la refrigeración de camisas de los motores como elemento vaporizante, ya que al estar a una temperatura más alta permite aprovechar su calor y, por tanto, supone un ahorro energético.

El agua producida a bordo es agua destilada a baja temperatura, lo que significa que la posible carga biológica que tuviera el agua de mar no ha sido eliminada. Además, la acidez del agua destilada la hace peligrosa para usos industriales. Por esta razón se hace necesario el tratamiento posterior del agua destilada, tanto si va a ser usada en procesos industriales, como si se va a destinar al consumo humano.



### 3.8.3 Ventilación de los espacios de carga y máquinas

Todas las cubiertas de carga rodada disponen de un sistema de ventilación mecánica suficiente para proporcionar 10 renovaciones por hora durante la travesía y un total de 30 renovaciones por hora durante las operaciones de carga y descarga.

La ventilación de los espacios de máquinas será de 30 renovaciones por hora más el doble del consumo de aire de cada motor.

El aire se introduce por rejillas de ventilación en la zona de proa sobre la cubierta más alta para no perjudicar la estabilidad del buque en averías, realizándose la impulsión del aire por medio de ventiladores de funcionamiento reversible.

En la zona central y en la zona de popa, se disponen más rejillas de ventilación a la misma altura, junto con ventiladores de funcionamiento reversible, para realizar la extracción del aire de los garajes, logrando así un flujo de aire que mantiene convenientemente ventilados estos recintos.

El sistema de ventilación de las cubiertas de carga es independiente de los demás sistemas de ventilación y está en funcionamiento siempre que haya vehículos en los garajes.

### 3.8.4 Aire acondicionado en habitación

El sistema de aire acondicionado provee de forma independiente a cada una de las zonas verticales principales en que se divide la habitación, para evitar que los conductos de aire acondicionado traspasen mamparos divisorios de las diferentes zonas contraincendios.

El sistema de aire acondicionado consiste en un sistema de compresores y condensadores, dispuestos en cámara de máquinas, refrigerados por el sistema centralizado de agua de refrigeración. Los evaporadores y ventiladores se sitúan en una cubierta alta y próximos a habitación, desde donde se distribuye el aire a los diferentes espacios a través de conductos y rejillas de ventilación.



### 3.8.5 **Habilitación**

El buque proyecto dispone de acomodación para albergar a 17 Tripulantes, 6 Oficiales, Capitán y Jefe de Máquinas, con los servicios y comodidades necesarias. Se diferencian las zonas de la tripulación y las correspondientes a Oficiales, Capitán y Jefe de Máquinas, así como las zonas de trabajo respecto a las de descanso.

Buscando la modularidad de la habitación, se procura que las dimensiones principales de todos sus espacios sean múltiplo de la clara de bulárcamas. Asimismo, se busca la mayor racionalidad en la distribución de los espacios para aprovechar al máximo la luz natural en los espacios de acomodación.

Para evitar posibles molestias, los locales de aire acondicionado, lavandería, grupo de emergencia, baterías y convertidores, se aíslan mediante mamparos especiales, teniendo algunos, sólo acceso directos desde cubierta.

Además de los espacios en la zona de habitación, se disponen otros espacios repartidos por el buque, reservados a diversos almacenes y paños repartidos por las distintas cubiertas, local del servomotor a popa, local de las hélices de proa, oficina de control de carga en popa sobre la cubierta principal, local de CO<sub>2</sub>, etc.



### 3.8.6 Resumen

El proyecto de un buque exige un enorme esfuerzo de integración de conceptos, análisis, cálculo y conocimientos para la consecución de una estructura flotante con un fin determinado.

Se empieza realizando un dimensionamiento, con la dificultad de cuadrar la especificación básica del buque, con ayuda de la realización de una base de datos.

A continuación, se generan las formas del buque usando programas de diseño naval y tratando de armonizar espacios, volúmenes, funcionalidades y seguridad, se disponen los espacios del buque según se refleja en el plano de disposición general.

La predicción de potencia y diseño de la planta propulsora se realiza según el Método de Holtrop-Mennen para la potencia, y usando la geometría y características hidrodinámicas de la Serie BB de Wageningen para el diseño de los propulsores.

Los equipos y servicios, incluyendo los contraincendios, se escogen de acuerdo con la normativa vigente de Seguridad de la Vida en la Mar, SOLAS, y siguiendo los requerimientos de la Sociedad de Clasificación, Bureau Veritas (BV).

Para diseñar la habilitación se procura que la vida del pasaje y la tripulación abordo sea lo más fácil y cómoda posible, diferenciando ambas zonas y distribuyendo los espacios para aprovechar al máximo la luz natural.

El diseño de la estructura se realiza de acuerdo con las necesidades del buque proyecto y considerando las posibles situaciones de navegación a las que se puede enfrentar.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 1: Memoria explicativa del tipo de buque y misión a la que se destina

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## 4. Bibliografía general.

1. **Proyecto básico del Buque Mercante.** D. Ricardo Alvariño Castro, D. Juan José Azpíroz Azpíroz, D. Manuel Meizoso Fernandez, Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales 2007.
2. **Rules for the Classification of Steel Ships (Ed. 2007)** Reglamento de la sociedad de clasificación Bureau Veritas para buques de acero.
3. **SOLAS (2009)**
4. **Recomendaciones de la IMO para buques de transporte de carga rodada.**
5. **Teoría del Buque; Introducción a la propulsión de buques.** D. Antonio Baquero. Departamento de Artes Gráficas ETSIN. Edición de 2005.
6. **Introducción al Diseño de Cámara de Máquinas.** D. Álvaro Zurita y Sáenz de Navarrete, ETSIN.



UPM-ETSIN



# Dimensionamiento

---

PFC nº 10 – Cuaderno 2

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## ÍNDICE

1	Resumen de resultados .....	1
2	Consideraciones iniciales .....	2
3	Planteamiento de alternativas .....	3
4	Cálculo de Manga y eslora .....	4
4.1	Manga .....	4
4.2	Eslora .....	4
4.3	Alternativas viables: análisis de $L_{pp}/b$ y funcionalidad .....	5
5	Superficie de habilitación .....	7
6	Determinación de puntales .....	8
6.1	Altura de garajes .....	8
6.2	Altura del doble fondo .....	9
6.3	Puntales: .....	9
7	Calculo del desplazamiento .....	10
8	Cálculo de coeficiente del bloque .....	11
9	Estabilidad .....	12
9.1	Cálculo del kg del desplazamiento: .....	13
9.1.1	Cálculo del kg del rosca .....	13
9.1.2	Cálculo del kg del peso muerto .....	13
9.2	Cálculo del gm .....	15
10	Cálculo del coeficiente de la maestra .....	15
11	Cálculo del coeficiente del prismático .....	16
12	Elección de alternativa .....	17
	Anexo I .....	18
	Anexo II .....	24
1	CALCULO DEL FRANCOBORDO .....	24
2	FRANCOBORDO TABULAR .....	26



3	CORRECCIONES .....	27
3.1	Regla 29 – Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m. ....	27
3.2	Regla 30 – Corrección por coeficiente del bloque.....	27
3.3	Regla 31 – Corrección por puntal .....	27
3.4	Regla 32 – Corrección por la posición de la línea de cubierta.....	28
3.5	Regla 32-1 – Corrección por nicho en la cubierta de francobordo.....	28
3.6	Regla 37 – Reducción por superestructuras y troncos.....	28
3.7	Regla 38 – Corrección por variaciones respecto la curva de arrufo normal. ....	28
4	FRANCOBORDO GEOMÉTRICO .....	34
	Anexo III .....	35
1	Calculo de las partidas del peso muerto y de su kg correspondiente.....	35
1.1	Tripulación.....	35
1.2	Víveres .....	35
1.3	Cargos y pertrechos .....	36
1.4	Tanques anti-espora.....	36
1.5	Agua dulce .....	37
1.6	Combustible .....	37
1.7	Aceite .....	38
1.8	Elementos de estiba .....	39
1.9	Carga .....	41
	Anexo IV .....	45
	Anexo V .....	46
	Densidad de carga.....	46
	Resistencia al avance y coeficiente de almirantazgo, C:.....	47



## 1 RESUMEN DE RESULTADOS

El fin de este cuadernillo es obtener el buque óptimo que cumpla las especificaciones de proyecto.

Se ha planteado 5 disposiciones generales de carga y para cada una de ellas se ha modificado la manga en cantidades discretas, número entero de carriles (de 5 a 10 carriles) obteniendo la manga y eslora correspondiente.

Posteriormente todas las alternativas generadas han sido sometidas a sucesivos filtros; cumplimiento de relación adimensional, de francobordo, de estabilidad...

Tras los sucesivos filtros se ha llegado a la alternativa elegida, siendo esta la Alternativa 13.

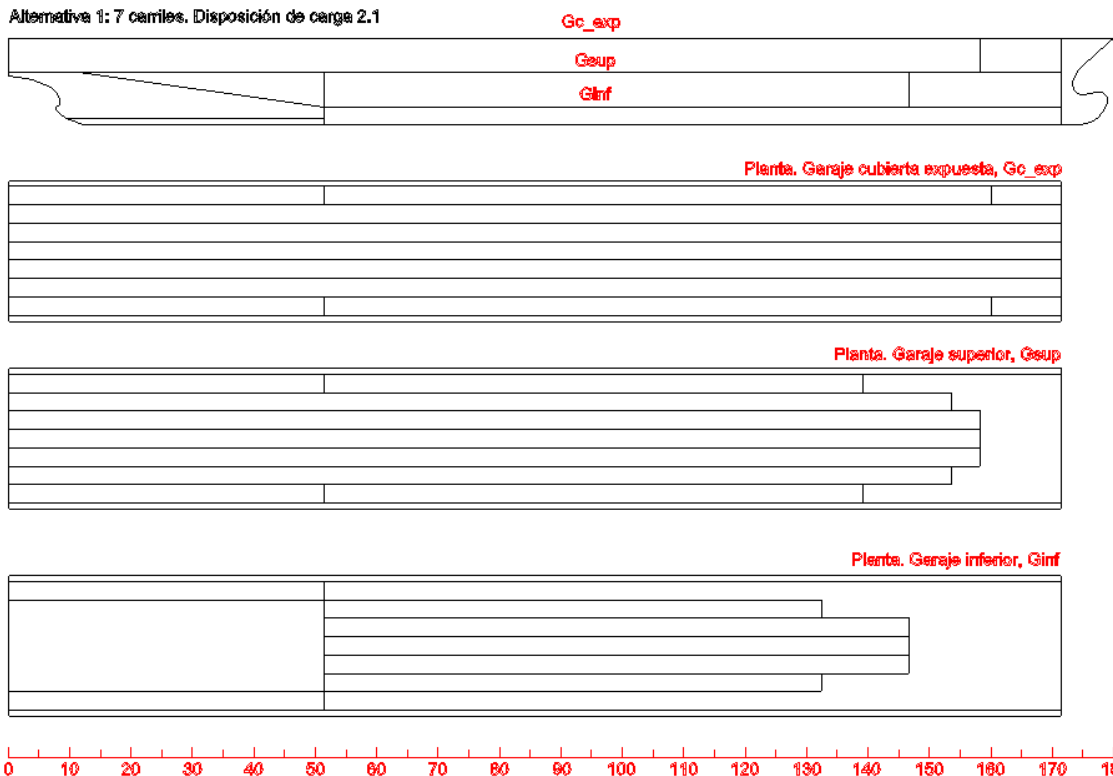
A continuación detallamos los parámetros que consideramos de interés de la alternativa elegida:

<b>Dimensiones Principales</b>		<b>Altura garajes</b>	5,64 m
Manga	22,9 m	<b>Altura doble fondo</b>	
Eslora	171,5 m	Zona de carga	2,86 m
Puntal	14,14 m	CCMM	1,7 m
<b>Cubiertas de carga trailers</b>	2	<b>Puntales</b>	
Garaje inferior=G1		A cubierta principal	8,5 m
Garaje superior=G2		A cubierta expuesta	14,14 m
<b>Metros lineales</b>		A cubierta habilitación 1	19,65 m
Garaje inferior	448 m	A cubierta habilitación 2	22,45 m
Garaje superior	957 m	A cubierta Puente	25,25 m
<b>Cubierta carga contenedores</b>	1	A techo cubierta Puente	28,05 m
Cubierta expuesta=G3		<b>Desplazamiento</b>	14918 t
<b>Area de cubiertas</b>		Peso Muerto	7500 t
Garaje inferior	1343 m <sup>2</sup>	Rosca	7418 t
Garaje superior	2869 m <sup>2</sup>	<b>Maquinaria</b>	
Expuesta	3223 m <sup>2</sup>	Potencia estimada total	10305 kW
Habilitación	985 m <sup>2</sup>	2 Motore Principales	
Puente	125 m <sup>2</sup>	<b>Velocidad de proyecto</b>	18 nudos
Cubierta Francobordo = Cubierta Principal		<b>Coeficientes</b>	
Calado	6,18 m	Cb	0,60
<b>Parametros estabilidad</b>		Cf	0,86
KG	10,833	Cp	0,61
KC	3,399	CM	0,98
CM	8,957		
GM	1,523		
Cf	0,860		



Esquema de Disposición General de la solución:

Alternativa 1: 7 carriles. Disposición de carga 2.1



## 2 CONSIDERACIONES INICIALES

El buque a proyectar es un buque de volumen. Ello supone una serie de consideraciones como es que sus dimensiones principales aumentan en cantidades discretas que son proporcionales a las dimensiones de la carga o cargas unitarias transportadas. En consecuencia, el punto de partida para llevar a cabo el dimensionamiento de este tipo de buques es conocer las dimensiones principales de la carga unitaria a transportar, la capacidad necesaria, y el peso de la misma para el análisis posterior de estabilidad.

En el caso en estudio dichos datos son dados a continuación:

Tamaño y peso de la carga							
Tipo	Longitud		Anchura		Altura		Peso (t/m)
	ft	m	ft	m	ft	m	
TEU	20	6,096	8	2,438	9,5	2,591	20
Trailers		16,5		3		4,7	2

Tabla 1

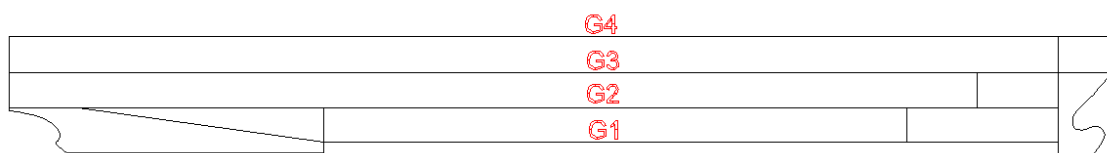


La capacidad del buque será tal que puede llevar 500 TEU's y/o 1400 metros lineales. En las especificaciones de proyecto no se indica nada en cuanto a carga simultánea o no simultánea por lo que en planteamiento de alternativas se hará un estudio de ambos casos.

### 3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Las alternativas planteadas, en lo relativo a disposición de la carga, son las siguientes:

1. Carga no simultanea:
  - 1.1. 1400 metros lineales o 500 TEU's repartidos en tres garajes ( $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ).
  - 1.2. 1400 metros lineales o 500 TEU's repartidos en 2 garajes ( $G_2$ ,  $G_3$ ).
2. Carga simultanea;
  - 2.1. 1400 metros lineales repartidos en 2 garajes ( $G_1$ ,  $G_2$ ) y 500 TEU's estibados en la cubierta expuesta ( $G_3$ ).
  - 2.2. 1400 metros lineales en un único garaje ( $G_2$ ) y 500 TEU's estibados en la cubierta expuesta ( $G_3$ ).
  - 2.3. 1400 metros lineales en 2 garajes ( $G_2$ ,  $G_3$ ) y 500 TEU's en  $G_4$ .
  - 2.4. 1400 metros lineales en 3 garajes ( $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ) y 500 TEU's en  $G_4$ .



Dentro de cada una de estas alternativas relativas a la disposición de la carga se ha estudiado 5 posibilidades más, generadas a partir de la variación de la manga en cantidades discretas, es decir, variando el número de carriles (de 5 a 9 carriles). Luego en total se han estudiado 30 alternativas.

Nº de carriles	Disposición de la carga					
	Carga No simultanea		Carga Simultanea			
	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4
5	Alternativa 1	Alternativa 6	Alternativa 11	Alternativa 16	Alternativa 21	Alternativa 26
6	Alternativa 2	Alternativa 7	Alternativa 12	Alternativa 17	Alternativa 22	Alternativa 27
7	Alternativa 3	Alternativa 8	Alternativa 13	Alternativa 18	Alternativa 23	Alternativa 28
8	Alternativa 4	Alternativa 9	Alternativa 14	Alternativa 19	Alternativa 24	Alternativa 29
9	Alternativa 5	Alternativa 10	Alternativa 15	Alternativa 20	Alternativa 25	Alternativa 30



La tabla anterior se lee de la siguiente forma; por ejemplo, la alternativa 11 tiene una manga que se calcula para 5 carriles y una disposición de carga que se corresponde con la 2.1, es decir, 1400 metros lineales repartidos en 2 garajes ( $G_1$ ,  $G_2$ ) y 500 TEU's estibados en la cubierta expuesta ( $G_3$ ).

## 4 CÁLCULO DE MANGA Y ESLORA

### 4.1 MANGA

La manga viene dada por la siguiente expresión:

$$B = N^{\circ} \text{ de carriles} \cdot \text{Anchura carril} + 2 \cdot \text{Anchura refuerzos}$$

Donde la Anchura de refuerzos es:

Eslora de Buques					
<100		<150		>150	
Margen (mm)	Elección (mm)	Margen (mm)	Elección (mm)	Margen (mm)	Elección (mm)
600-700	650	700-800	750	800-1100	950

Tabla 2

### 4.2 ESLORA

Una vez fijada manga ( $n^{\circ}$  de carriles), se procede a calcular la eslora del buque tal que teniendo en cuenta la disposición de la carga ( $n^{\circ}$  de entrepuentes) cumpla con la longitud de carril exigida en las especificaciones del proyecto (1400 ml).

Para una mayor facilidad de análisis se ha realizado un esquema en planta de cada uno de los garajes en el cual se reflejara el número de carriles y los descuentos por formas y tambuchos (ver Anexo I).

Tanto los descuentos por formas como por tambucho han sido obtenidos de los planos de disposición general del buque SEAGARD de la compañía TRANSFENICA.

Se ha de tener en cuenta que el garaje inferior, de existir, tendrá un número de carriles inferior al garaje sobre cubierta principal, ya que dispone de una manga inferior, debido a formas del buque, y además posee mamparos longitudinales tanto a babor como a estribor. Para los cálculos que se efectúan en este cuadernillo vamos a suponer que el garaje inferior o bodega ( $G_1$ ) tiene dos



carriles menos que el garaje sobre la cubierta principal (G2). Esta aproximación ha sido deducida de los planos de disposición general del buque mencionado en el anterior párrafo.

El cálculo de la eslora se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Metros lineales} = (N^{\circ} \text{ carriles} \cdot L_{pp}) \cdot N^{\circ} \text{ entrepuentes} - Des_{Formas} - Des_{Tambu} - Des_{\text{espacio CCMM}} \text{ donde}$$

$Des_{Formas}$  = descuento total por formas de proa

$Des_{Tambu} = 0,3 \cdot L_{pp}$  = descuento total por tambuchos

$Des_{\text{espacio CCMM}}$  = descuento de espacio de cámara de máquinas que lo hemos considerado como  $0,3 L_{pp}$ , ver esquemas del apartado 3.4.

#### **4.3 ALTERNATIVAS VIABLES: ANÁLISIS DE $L_{pp}/B$ Y FUNCIONALIDAD**

A continuación se presenta una tabla en la que se recoge los valores de manga y eslora así como la relación adimensional L/B de todas las alternativas planteadas.





ALTERNATIVA	B (m)	L (m)	L/B
Alternativa 1	16,9	153	9,05
Alternativa 2	19,5	123,5	6,33
Alternativa 3	22,5	105,5	4,69
Alternativa 4	25,3	92,5	3,66
Alternativa 5	28,3	83	2,93
Alternativa 6	16,9	175	10,36
Alternativa 7	19,5	144	7,38
Alternativa 8	22,5	122,5	5,44
Alternativa 9	25,5	107	4,20
Alternativa 10	28,3	95	3,36
Alternativa 11	16,9	253	14,97
Alternativa 12	19,9	202	10,15
Alternativa 13	22,9	171,5	7,49
Alternativa 14	25,5	149,5	5,86
Alternativa 15	28,5	133,5	4,68
Alternativa 16	16,9	347,5	20,56
Alternativa 17	19,3	283	14,66
Alternativa 18	22,3	241	10,81
Alternativa 19	25,3	210,5	8,32
Alternativa 20	28,3	187	6,61
Alternativa 21	16,3	175	10,74
Alternativa 22	19,5	144	7,38
Alternativa 23	22,5	122,5	5,44
Alternativa 24	25,5	107	4,20
Alternativa 25	28,3	95	3,36
Alternativa 26	16,9	153	9,05
Alternativa 27	19,5	123,5	6,33
Alternativa 28	22,5	105,5	4,69
Alternativa 29	25,3	92,5	3,66
Alternativa 30	28,3	83	2,93

Tabla 3

A partir de este punto, se seguirán estudiando solo aquellas alternativas cuya relación adimensional L/B está “dentro del margen aceptable” para este tipo de buque. Dichas alternativas son las que figuran sombreadas en la tabla anterior, es decir:

ALTERNATIVAS CON L/B ACEPTABLE			
ALTERNATIVA	B (m)	L (m)	L/B
Alternativa 2	19,5	123,5	6,33
Alternativa 7	19,5	144	7,38
Alternativa 8	22,5	122,5	5,44
Alternativa 13	22,9	171,5	7,49
Alternativa 14	25,5	149,5	5,86
Alternativa 20	28,3	187	6,61
Alternativa 22	19,5	144	7,38
Alternativa 23	22,5	122,5	5,44
Alternativa 27	19,5	123,5	6,33



Por otro lado, atendiendo a las alternativas planteadas de las diferentes disposiciones de carga y teniendo en cuenta su influencia en la rentabilidad económica de explotación del buque, se considera que un sistema de explotación de carga no simultánea es menos competitivo y funcional que un buque que permita carga simultánea de trailers y contenedores. Si bien el coste inicial de un buque diseñado para carga no simultánea tiene un coste inicial menor por sus menores dimensiones, desde el punto de vista de explotación tendrá menos posibilidades de situaciones de carga y además tendrá la drástica situación de que cuando vaya con los 1400 metros lineales de trailers se esté desaprovechando algo menos de la mitad de su capacidad de peso muerto.

Luego, en vista de lo razonado en el párrafo anterior se considera que el buque debe tener una disposición de carga simultánea y por tanto solo las siguientes **alternativas seguirán en estudio:**

ALTERNATIVAS CON L/B ACEPTABLE Y CARGA SIMULTANEA			
ALTERNATIVA	B (m)	L (m)	L/B
Alternativa 13	22,9	171,5	7,49
Alternativa 14	25,5	149,5	5,86
Alternativa 20	28,3	187	6,61
Alternativa 22	19,5	144	7,38
Alternativa 23	22,5	122,5	5,44
Alternativa 27	19,5	123,5	6,33

## 5 SUPERFICIE DE HABILITACIÓN

El buque dispondrá de alojamientos para 25 tripulantes, según requisitos de proyecto. Aunque no se ha especificado cuantos oficiales van a bordo del buque, ni tampoco la bandera, suponemos para cálculo de habilitación que abordo irán tres oficiales de puente, tres oficiales de máquinas, el capitán y el jefe de máquinas, es decir tendríamos un total de 8 oficiales.

La superficie de habilitación,  $S_{\text{habilitación}}$ , suponiendo que abordo del buque pueden ir hasta 8 oficiales es de  $1110 \text{ m}^2$ , de los cuales  $125 \text{ m}^2$  son los correspondientes al puente de navegación.

Esta superficie de habilitación será repartida en 3 cubiertas. En la cubierta más alta se dispondrá únicamente el puente de navegación.



Zonas acondicionadas	Superficie		Numero	Capacidad de personas	Superficie (m2)
	m2/persona	m2			
Camarotes con aseo para no oficiales 10-12m2		11	17	1	187
Camarote con aseo para Capitán y Jefe Máquinas		22	2	1	44
Camarotes con aseo para el resto de oficiales		15	6	1	90
Comedor y/o Estar tripulación 2-2,5m2/persona	2.25		1	25	56.25
Comedor y/o Estar oficiales 4,5m2/persona	4.5		1	8	36
Oficina de puente		10	1		10
Oficina de máquinas		80	1		80
Oficina		14	1		14
Cocina 0,5 m2/persona	0.5		1	25	12.5
Gambuza seca 0,2m2/persona	0.2		1	25	5
Gambuza frigorífica 0,2m2/persona	0.2		1	25	5
Local de basuras 0,25m2/persona	0.125		2	25	6.25
Puente 5m x B m		125	1		125
Pasillos 25% del area de camarotes		80.25			80.25
Sala reuniones 2,5 m2/persona	2.5		1	25	62.5
Gimnasio tripulación		25	1		25
Enfermería 2,5m2/persona	2.5		1	10	25
Lavandería		20	2		40
Aseos comunes		5	2		10
Espacio escaleras		10	4		40
				TOTAL	953.75

Tabla 4

Zonas acondicionadas	m2
Paños 10% de la superficie de camarotes	32.1
Aire acondicionado 4%-5% superficie acondicionada	42.91875
12-15 metros eslora de botes y 4-5 metros anchura (2botes)	12X4
Grupo de emergencia 15-20 m2	18
Baterías 10 m2	10
Cuarto convertidores	8
Espacio CI 14% de camarotes	44.94
Total	155.95875

Tabla 5

En el Cuaderno 3, dedicado a la disposición general, se estudiará con más detalle la acomodación.

## 6 DETERMINACIÓN DE PUNTALES

### 6.1 ALTURA DE GARAJES

La altura de entrepuentes en este tipo de buques queda determinada por las alturas libres necesarias para el tipo de vehículos que se va a transportar. Esta junto con la longitud de carril son las principales variables del proyecto.

El margen típico de estos valores es:

- Altura libre necesaria para trailers: 4,5-4,7
- Margen de construcción: 0,1-015
- Altura de refuerzos: 0,6-1,2



Se ha tomado como altura para todos los garajes,  $H_{G1}$ , un valor de de 5,64 m, suma de la altura libre necesaria para los trailers, 4,6 m, un margen de construcción de 0,14 m y una altura de refuerzos de 0,90 m.

## 6.2 ALTURA DEL DOBLE FONDO

La altura del doble fondo viene condicionada por la normalización de las planchas del astillero, la facilidad de trabajo, la necesidad de inspección, la capacidad del tanque y resistencia estructural, estando su valor comprendido entre 1,2-2 para L entre 100m y 200m.

Considerando el nuevo Capítulo II-1 Parte B-2 de SOLAS, que entró en vigor en enero de 2009, el doble fondo se extenderá de forma continua desde el mamparo de colisión del pique de proa hasta el mamparo del pique de popa y tendrá una altura mínima igual  $B/20$ . Esta altura nunca será inferior a 760 mm, ni necesariamente superior a 2000 mm.

El techo del doble fondo se prolongará hasta los costados del buque de manera que proteja los fondos hasta la curva del pantoque.

Por aprovechamiento de espacio, y dado que se comprobó que la estabilidad seguía siendo satisfactoria se ha decidido que la altura del doble fondo en la zona de carga sea igual a:

$$H_{DF} = D_P - H_{G1} = 2,86 \text{ m}$$

Esta elección ha venido motivada por el hecho de alcanzar el mayor valor posible de altura de doble fondo, si perjuicio para la estabilidad, de tal modo que nos permita ganar en zona de almacenaje de combustible.

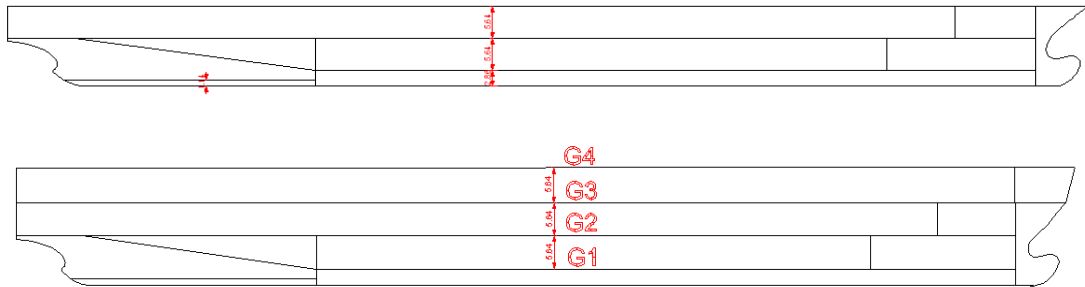
Se ha de tener en cuenta que los tanques de combustible que vayan en esta zona deben cumplir con la Regla 12A del Anexo I de MARPOL.

Para permitir un adecuado mantenimiento de los MMPPs hemos tomado como altura del doble fondo en CCMM 1,7 m.

## 6.3 PUNTALES:

- Puntal a la cubierta de rodadura del garaje inferior o tapa de doble fondo,  $D_{G1} = 2,86 \text{ m}$  (s/LB)
- Puntal a la cubierta  $G_2$  (cubierta principal),  $D_{G2} = 8,5 \text{ m}$  (s/LB)

- Puntal a la cubierta  $G_3$ ,  $D_{G3} = D_{G2} + H_G = 14,14$  m (s/LB)
- Puntal a la cubierta  $G_4$ ,  $D_{G4} = D_{G3} + H_G = 19,78$  m (s/LB)



En este tipo de buques la cubierta en la que está dispuesta la rampa tiene un puntal en torno a 8,5 metros, es por ello que nosotros hemos tomado como puntal a la cubierta principal dicho valor.

Los puntales dados han sido calculados de tal modo que aseguran la estabilidad del buque.

## 7 CALCULO DEL DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento del buque,  $\Delta$ , se descompone en dos partidas principales, en peso muerto, PM, y en peso rosca, PR, por tanto:

$$\Delta = PM + PR$$

### Peso muerto, PM:

El peso muerto, PM, viene dado por especificaciones de proyecto y es igual a 7500 t.

### Peso en rosca, PR:

El peso en rosca está integrado por la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo: carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.

El peso y la posición del centro de gravedad de la rosca de un buque no se conoce exactamente hasta que se realice la experiencia de estabilidad, y es la realización de la experiencia de estabilidad la que proporciona estos valores; aunque a medida que se progresa en la definición del proyecto se puede calcular con mayor precisión.

Dado que el peso en rosca es un factor de competitividad entre astilleros, rara vez aparecerá en las características de los buques que se encuentran en explotación, por lo que es difícil poder obtener

una base de datos que incluya este parámetro. Por otro lado, cabe la duda de la certeza del mismo en aquellos pocos buques en los que se da a conocer.

Para una primera estimación, nos hemos apoyado en la siguiente regresión  $PR-LBD_{exp}$  obtenida de la base de datos. Según está el peso en rosca lo podemos aproximar por la siguiente expresión:

- $PR = 0,09 \cdot (L \cdot B \cdot D_{exp}) + 2066,39$

Dado la etapa de proyecto en la que nos encontramos, tomaremos un margen de seguridad de un 5% con lo que:

- $PR = (0,09 \cdot (L \cdot B \cdot D_{exp}) + 2066,39) \cdot 1,05$

A continuación se expone una tabla en la que se recoge el valor del peso en rosca y desplazamiento de las alternativas en estudio:

ALTERNATIVA	B (m)	L (m)	L/B	PM (t)	PR (t)	$\Delta$ (t)
Alternativa 13	22,9	171,5	7,49	7500	7418	14918
Alternativa 14	25,5	149,5	5,86	7500	7264	14764
Alternativa 20	28,3	187	6,61	7500	9371	16871
Alternativa 22	19,5	144	7,38	7500	7418	14918
Alternativa 23	22,5	122,5	5,44	7500	6671	14171
Alternativa 27	19,5	123,5	6,33	7500	9371	16871

## 8 CÁLCULO DE COEFICIENTE DEL BLOQUE

A continuación se calculará el coeficiente del bloque. Para ello utilizaremos la expresión del mismo:

$$C_b = \frac{\text{Desplazamiento}}{1025 \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T}$$

El francobordo ( $\text{francobordo} = D_p - T$ ) de este tipo de buques está entre 2 y 2,5 metros.

Tomaremos un calado de 6,18 m de tal modo que tenemos un francobordo intermedio (2,32 m) al margen indicado.

Los resultados son:

ALTERNATIVA	Lpp (m)	B (m)	Despla (t)	T(m)	Cb
Alternativa 13	171,5	22,9	14918	6,180	0,600
Alternativa 14	149,5	25,5	14764	6,180	0,611
Alternativa 20	187,0	28,9	16891	6,180	0,493
Alternativa 22	144,0	19,5	14918	6,180	0,839
Alternativa 23	122,5	22,5	14822	6,180	0,849
Alternativa 27	123,5	19,5	14171	6,180	0,929



A la vista de los resultados de coeficiente del bloque, las únicas alternativas adecuadas técnicamente son la Alternativa 13 y la Alternativa 14. La Alternativa 20 tiene  $C_b$  muy bajo y las Alternativas 22, 23, 27 tienen un  $C_b$  muy alto.

A continuación se recoge una tabla con los coeficientes del bloque de aquellas alternativas que aun siguen en estudio:

ALTERNATIVA	Lpp (m)	B (m)	Despla (t)	T(m)	Cb
Alternativa 13	171,5	22,9	14918	6,180	0,600
Alternativa 14	149,5	25,5	14764	6,180	0,611

A continuación se recogen los francobordos geométricos de las alternativas en estudio. En el anexo II se adjunta el cálculo del francobordo geométrico para varias alternativas.

	Fb (mm)	Fgeométrico (mm)
ALTERNATIVA		
Alternativa 13	2320	930
Alternativa 14	2320	888

## 9 ESTABILIDAD

Se considera en este apartado la estabilidad del buque intacto a plena carga, pues la estabilidad después de averías se estudiará en otro Cuaderno posterior. El parámetro que determina la estabilidad inicial es  $GM$ , que proporciona el brazo adrizante del buque cuando se produce una escora. Valores altos de  $GM$  generan valores altos del brazo, lo que proporciona mayor estabilidad inicial al buque en caso de avería.

Por otra parte, este parámetro está relacionado inversamente con el periodo de balance, lo que equivale a decir que a mayor  $GM$ , menor es el periodo de balance y, por tanto, mayor la velocidad de recuperación de la escora con la consiguiente incomodidad para la vida a bordo y riesgo para la carga.

Los cálculos de estabilidad se realizan tomando como base los estudios del profesor D. Andrés Luna, recogidos en sus *Apuntes de Proyectos*. En ellos se contemplan diversas fórmulas y gráficas para el cálculo de la *altura del centro de carena (KB)* y el *radio metacéntrico (BM)* de un buque conociendo sus parámetros básicos.

Calcularemos el  $GM$  atiende a la siguiente expresión:

$$GM = KM - KG_{despl}$$

donde



$$KM=KC+CM$$

$$KC=c_1 \cdot T \text{ con } 0,55 \leq c_1 \leq 0,57$$

$$CM = \frac{c_2 \cdot B^2}{12 \cdot C_b \cdot T} \quad \text{donde } c_2 = C_f - 0,1$$

siendo  $C_f$  el coeficiente de la flotación y estando comprendido habitualmente en este tipo de buques entre 0,80 y 0,84 pudiendo llegar a 0,88-0,89.

## 9.1 CÁLCULO DEL KG DEL DESPLAZAMIENTO:

El KG del desplazamiento viene dado por la siguiente expresión:

$$KG_{\Delta} = \frac{KG_{PR} \cdot PR + KG_{PM} \cdot PM}{\Delta}$$

### 9.1.1 CÁLCULO DEL KG DEL ROSCA

Se ha estimado que la cota del centro de gravedad del peso en rosca,  $KG_{PR}$ , es igual al 70% del puntal a la cubierta superior, luego, todas las alternativas aun en estudio tendrán el siguiente peso en rosca:

$$KG_{PR} = 0,7 \cdot 14,14 = 9,898 \text{ m}$$

Esta estimación es una recomendación del tutor basada en su dilatada experiencia.

### 9.1.2 CÁLCULO DEL KG DEL PESO MUERTO

Según las especificaciones del proyecto, el PM será de 7500 toneladas.

El peso muerto se desglosa en las siguientes partidas; peso de carga, tripulación, pertrechos y consumos (combustible, aceite, víveres y agua dulce tanto de alimentación como potable).

El KG del peso muerto,  $KG_{PM}$ , lo obtendremos de la siguiente expresión:

$$KG_{PM} = \frac{\sum_i KG_{PartidaPM\_i-esima} \cdot P_{PartidaPM\_i-esima}}{PM}$$





A continuación se presenta todas las partidas del peso muerto, su centro de gravedad y el centro de gravedad del peso muerto para cada una de las alternativas aun en estudio:

	Alternativa 13		
	Peso (t)	KG (m)	PesoxKG (txm)
Combustible 0,180 kg/BHP*h	999	5,680	5676
Combustible Gen 0,190 kg/BHP*h	82	5,680	465
Agua dulce 150-600 l/pers*día	107	1,430	153
Tanque antiescora 200-300 tm	250	1,430	358
Aceite	50	0,850	43
Viveres 4 kg/persona*día	2	24,130	48
Cargos y pertrechos	2	24,130	48
Tripulacion 100-125kg/persona	3	24,130	75
Elementos estiba	70	11,555	809
Trailers de gi	896	4,760	4264
Trailers de gsupe	1913	10,400	19897
TEU's	3126	18,027	56348
<b>TOTAL SUMA</b>	<b>7500</b>	<b>11,758</b>	<b>88184</b>

Tabla 6

$$KG_{PM\_A13} = 11,758 \text{ m}$$

	Alternativa 14		
	Peso (t)	KG (m)	PesoxKG (txm)
Combustible 0,180 kg/BHP*h	1041	5,680	5913
Combustible Gen 0,190 kg/BHP*h	82	5,680	465
Agua dulce 150-600 l/pers*día	107	1,430	153
Tanque antiescora 200-300 tm	250	1,430	358
Aceite	50	0,850	43
Viveres 4 kg/persona*día	2	24,130	46
Cargos y pertrechos	2	24,130	48
Tripulacion 100-125kg/persona	3	24,130	75
Elementos estiba	70	11,547	808
Trailers de gi	901	4,760	4291
Trailers de gsupe	1904	10,400	19800
TEU's	3088	18,027	55665
<b>TOTAL SUMA</b>	<b>7500</b>	<b>11,689</b>	<b>87664</b>

Tabla 7

$$KG_{PM\_A14} = 11,689 \text{ m}$$

En el Anexo III puede verse como se ha estimado cada una de las partidas del peso muerto y la cota de su centro de gravedad.

En resumen:



	KG (m)
ALTERNATIVA	
Alternativa 13	11,758
Alternativa 14	11,689

## 9.2 CÁLCULO DEL GM

Para evitar esfuerzos tanto en los equipos, como en los puntos de fijación de estos y de los elementos de estiba con el casco, así como asegurar una confortabilidad adecuada a la tripulación se recomienda que la altura metacéntrica, GM, esté comprendida entre el 5% y el 7% de la manga, B.

	GM Margen (m)	
	5% de la B	7% de la B
Alternativa 13	1,145	1,603
Alternativa 14	1,275	1,785

Teniendo en cuenta el margen dentro del cual debe estar el coeficiente de la flotación y el GM, se deduce que la única alternativa que respeta ambos márgenes es la Alternativa 13 (ver Anexo IV).

A continuación se resume los valores obtenidos en este apartado de la única alternativa viable:

	ALTERNATIVA 13
Cf	0,86
GM	1,53

## 10 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE LA MAESTRA

El coeficiente de la sección de la maestra CM influye sobre la resistencia a la marcha de la carena y además tiene una repercusión directa sobre la extensión de la zona curva del casco en el pantoque.

El cálculo de este coeficiente lo haremos mediante la fórmula de M.Meizoso válida para buques Ro-Ros y portacontenedores:

$$CM=1-0,062 \cdot FN^{0,792}$$

A continuación se adjunta tabla resumen:

	V (m/s)	Fn	CM
Alternativa 13	9,25	0,23	0,98



## 11 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DEL PRISMÁTICO

Una vez definidos los coeficientes  $C_b$  y  $CM$ , se procede a calcular el coeficiente prismático  $C_p$ , que es igual a:

$$C_p = C_b / CM$$

A continuación se adjunta tabla resumen:

	<b>C<sub>b</sub></b>	<b>CM</b>	<b>C<sub>p</sub></b>
<b>Alternativa 13</b>	0,60	0,98	0,61

Se ha contrastado el valor de  $C_p$  con el dado en el gráfico de H.E. Saunders función del número de froude, siendo el valor obtenido satisfactorio.



## 12 ELECCIÓN DE ALTERNATIVA

A parte de todos los parámetros analizados a lo largo de este cuaderno, y que se exponen en apartados anteriores, se analizaron también los aportados en el Anexo V.

**De los resultados obtenidos se deduce que la Alternativa óptima y que desarrollaremos es la Alternativa 13.**

A continuación enumeramos las ventajas de la alternativa elegida (Alternativa 13) frente a las otras:

1. Menor resistencia al avance y por tanto menor potencia instalada, menos consumo y una menor necesidad de capacidad de almacenaje de combustible que ganamos en;
2. Una mayor capacidad de carga (peso medio máximo unitario de un TEU superior a las otras alternativas);
3. Mejor GM; estabilidad satisfactoria que asegura bajas aceleraciones, periodos de balance adecuados.
4. Tiene una mayor estabilidad de ruta, mayor facilidad de evolución, más garantías de que el flujo que llega a la hélice da una buena estela y por tanto no hay vibraciones inducidas por el propulsor, y menor resistencia al avance y en consecuencia potencia instalada y costes operativos por consumo del motor

Como contrapartida solo podemos enumerar que aun teniendo una mayor capacidad de carga, el aprovechamiento del espacio es peor.

En el punto 1, Resumen de resultados (pág. 4), se recogen los datos que se han considerado de interés de la Alternativa elegida (Alternativa 13).





### Alternativa 14:

B= 25,5 m

$L_{pp} = 149,5$  m

Nº de carriles en garaje 1, G1= 6; Nº de carriles en garaje 2, G2= 8;

Descuento por formas = -331,6m

Longitud de tambucho = 44,85 m

Descuento por tambucho = -358,8m

Metros lineales de carga = 1402,6 m

Croquis 2

VISTA EN PLANTA DE CUBIERTAS.CARRILES DE RODADURA. ALTERNATIVA 2 ( 8 CARRILES)									





## Alternativa 22

B= 19,5 m

$L_{pp} = 144$  m

Nº de carriles en garaje 2, G2= 6; Nº de carriles en garaje 3, G3= 6

Descuento por formas = -150,6 m

Longitud de tambucho = 43,2 m

Descuento por tambucho = -172,8m

Metros lineales de carga = 1400 m

Croquis 4

VISTA EN PLANTA DE CUBIERTAS. CARRILES DE RORADURA. ALTERNATIVA 4 ( 6 CARRILES)									







## Alternativa 27

B= 19,5 m

$L_{pp} = 122,5$  m

Nº de carriles en garaje 2, G2= 7; Nº de carriles en garaje 3, G3= 7

Descuento por formas = -164 m

Longitud de tambucho = 36,75 m

Descuento por tambucho = -147 m

Metros lineales de carga = 1404 m

Croquis 6

VISTA EN PLANTA DE CUBIERTAS. CARRILES DE RORADURA. ALTERNATIVA 6 ( 7 CARRILES)									



## ANEXO II

### 1 CALCULO DEL FRANCOBORDO

Para el cálculo del francobordo se utiliza el Convenio internacional sobre líneas de carga, 1966, modificado por el protocolo de 1988 relativo al mismo, enmendado.

El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

La cubierta de este buque es la definida en el documento de disposición general, es decir la cubierta situada a 8500 mm de línea base, que a pesar de no ser la cubierta más alta expuesta a la mar y a la intemperie (cubierta situada a 14140 mm sobre la línea de base), no está en contradicción con la Regla 39, ya que es una cubierta inferior a la anterior, completa y permanente, continua de proa a popa y de banda a banda (la rampa de acceso a la bodega será móvil y estanca); de este modo, la parte de casco que se extiende por encima por encima de dicha cubierta se considerará como superestructura en lo que respecta al cálculo de francobordo. En caso del buque proyecto, consideramos como superestructura la comprendida entre 8500 mm y 14140 mm sobre la línea de base.

Los datos necesarios para el cálculo de francobordo son los siguientes:

- **Eslora de francobordo (L):** Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.

	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
96 % L (L al 85% de d)	$171.9 \cdot 0.96 = 165$ m	$149.8 \cdot 0.96 = 143.81$ m	$188.73 \cdot 0.96 = 181.17$ m
L entre Pp. al 5% de d	166.93 m	144.90 m	182.43 m

- **Centro del buque:** Punto medio de la eslora L.



- **Manga de trazado (B):** La manga de trazado (B) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna.

Manga B (m)		
Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
22,9	25,5	28,9

- **Puntal de trazado (d):** El puntal de trazado será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$d = 8500 \text{ mm}$$

- **Puntal de francobordo (D):** El puntal de francobordo (D) será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = d + \text{espesor de plancha} = 8500 + 12 = 8512 \text{ mm}$$

- **Coeficiente del bloque (Cb):** Será el coeficiente del bloque correspondiente a una línea de flotación situada a una distancia igual al 85% del puntal de trazado (7225 mm).

De las hidrostáticas de cada una de las alternativas hemos obtenido el Cb al 85% del puntal de trazado (7225 mm). Los resultados han sido los siguientes:

Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
0,656	0,656	0,666



## 2 FRANCOBORDO TABULAR

El buque proyecto es un buque tipo B por lo que el francobordo tabular se obtiene de la Tabla 28.2 del Capítulo II del Anexo I (LL 66/88). Interpolando tendremos los valores buscados.

Alternativa 13		Alternativa 14		Alternativa 20	
L (m)	Francob.(mm)	L (m)	Francob. (mm)	Eslora (m)	Francobordo (mm)
166	2640	144	2190	182	2952
166,93	2659	144,9	2280	182,43	2960
167	2660	145	2290	183	2970



### 3 CORRECCIONES

#### 3.1 REGLA 29 – CORRECCIÓN AL FRANCOBORDO PARA BUQUES DE ESLORA INFERIOR A 100 M.

No aplicable.

#### 3.2 REGLA 30 – CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DEL BLOQUE

Esta corrección tampoco es aplicable por que solo se efectúa cuando el coeficiente de bloque ( $C_b$ ) es superior a 0,68.

Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
0,656	0,656	0,666

#### 3.3 REGLA 31 – CORRECCIÓN POR PUNTAL

	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
Eslora L (m)	166,93	144,9	182,43
Puntal Franc. D (m)	8,512	8,512	8,512
R	250	250	250
$D - L/15 R$ (mm)	-654	-287	-913



### 3.4 REGLA 32 – CORRECCIÓN POR LA POSICIÓN DE LA LÍNEA DE CUBIERTA

Esta corrección no aplica.

### 3.5 REGLA 32-1 – CORRECCIÓN POR NICHOS EN LA CUBIERTA DE FRANCOBORDO

Esta corrección no aplica.

### 3.6 REGLA 37 – REDUCCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS Y TRONCOS

Como ya se indicó en el caso del buque proyecto, consideramos como superestructura la comprendida entre 8500 mm y 14140 mm sobre la línea de base. Según la Regla 35, su longitud efectiva deberá ser obtenida aplicando la Regla 34.1 dado que la altura real de la superestructura considerada es superior a la normal (Regla 33). Luego, teniendo en cuenta la Regla 34.1 la longitud efectiva de la superestructura es  $L$ , según alternativa.

	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
longitud efectiva de superestructura = $L$	166,93 m	144,9 m	182,43 m

Teniendo en cuenta dicha longitud efectiva, por la Regla 37 tenemos que la reducción de francobordo por superestructura es de 1070 mm en las tres alternativas dado que en todas ellas la longitud efectiva es superior a 122 m.

### 3.7 REGLA 38 – CORRECCIÓN POR VARIACIONES RESPECTO LA CURVA DE ARRUFO NORMAL.

El buque proyecto no tiene arrufo, por lo que las 7 ordenadas que definen la curva real de arrufo del buque tienen valor cero.

Pero, dado que en el francobordo estamos metiendo una superestructura, deberemos tener en cuenta el punto 5) de esta regla, según el cual en buques con una superestructura cuya altura real exceda de la normal, la diferencia mínima ( $Z$ ) entre las alturas real y normal se añadirá a cada una de las ordenadas extremas. Análogamente, las ordenadas intermedias, a distancias de  $1/6 L$  y  $1/3 L$  de cada una de las perpendiculares, se incrementarán en  $0,444 Z$  y  $0,111 Z$ , respectivamente.

Según la Regla 33, la altura normal de la superestructura es 2,3 m, por lo que  $Z$  es igual a:



*Buque CON-RO/RO*  
*Cuaderno 2: Dimensionamiento*

UPM - ETSIN

*Proyecto nº10 2008-2009*



$$Z = 5640 \text{ m} - 2300 \text{ m} = 3340 \text{ m}$$





De la aplicación de Regla 38.8 obtenemos los valores de las ordenadas de la curva de arrufo normal. La siguiente tabla recoge dichos valores y los valores de las ordenadas de la curva real, así como modo de cálculo:

	Situación	Ordena (en mm)		Regla 38.8 Curva de arrufo normal (ord. mm)			
		Arr. Real corr.		Arr. Normal	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
Mitad de popa	Perpendicular de popa	Z	3340	$25 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1641	1458	1770
	1/6 L desde la P. de Pp.	0,444·Z	1483	$11,1 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	729	647	786
	1/3 L desde la P. de Pp.	0,111·Z	371	$2,8 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	184	163	198
	Centro del buque	0	0	0	0	0	0
Mitad de proa	Centro del buque	0	0	0	0	0	0
	1/3 L desde la P. de Pr.	0,111·Z	371	$5,6 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	368	326	397



	1/6 L desde la P. de Pr.	0,444· Z	1483	$22,2 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1457	1294	1572
	Perpendicular de proa	Z	3340	$50 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3282	2915	3541

A continuación se realiza la medida de la variación respecto a la curva de arrufo normal mediante la aplicación de la Regla 38.9. En la siguiente tabla resumimos los resultados de dichos cálculos.

	Curvas de arrufo (ord. mm) x Factor				SUMA						
	Normal			Real (mm)	Normal (mm)			Real (mm)	Exceso o defecto de arrufo (mm)		
	Alter. 13	Alter. 14	Alter. 20		Alter. 13	Alter. 14	Alter. 20		Alter. 13	Alter. 14	Alter. 20
Mitad de	1641	1458	1770	3340	4378	3889	4723	8901	565	627	522



popa	2186	1941	2358	4449							
	551	490	595	1112							
	0	0	0	0							
Mitad de proa	0	0	0	0	8757	7777	9446	8901	18	140	-68
	1103	979	1190	1112							
	4372	3883	4716	4449							
	3282	2915	3541	3340							

En lo que sigue, se presenta la tabla que recoge las correcciones por variaciones respecto de la curva de arrufo normal (Regla 38.14). De todas solo serán aplicables la que se prescriben en la Regla 38.15 junto con 38.10 y la Regla 38.16 junto con 38.11, siendo estas las marcadas en recuadro verde.

Correcciones (únicamente aplican las  
recuadradas en verde)



Alternativa 13	Alternativa14	Alternativa 20
141	157	131
5	35	-17

Luego en la Alternativa 1 reduciremos el francobordo en 5 mm; en la Alternativa 2 en 35 mm; y en la Alternativa 3 lo aumentaremos en 17 mm.



## 4 FRANCOBORDO GEOMÉTRICO

		Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
Corrección	Francobordo tabular (mm)	2659	2280	2960
	por puntal (mm)	-654	-287	-913
	por superestructura (mm)	-1070	-1070	-1070
	por variación respecto curva de arrufo (mm)	-5	-35	17
	Franbordo. Geométrico mínimo (mm)	930	888	995



## ANEXO III

### 1 CALCULO DE LAS PARTIDAS DEL PESO MUERTO Y DE SU KG CORRESPONDIENTE.

#### 1.1 TRIPULACIÓN

##### Peso

Como norma general se suele tomar una peso de 100 a 125 kg/persona, luego:

Peso tripulación,  $P_{tri}$  = 3 toneladas

##### Centro gravedad. Cota

Se toma como cota del centro de gravedad de esta partida la correspondiente a la altura media de habitación, es decir:

$$z_{trip} = D_{sup} + H_{Cexp} + 1/2 * H_{habi}$$

donde  $D_{sup}$  es el puntal a la cubierta superior,  $H_{Cexp}$  es la altura libre sobre cubierta que existe bajo la zona de habitación y  $H_{habi}$  es la altura de habitación.

Luego:

Cota del centro de gravedad del peso de tripulación,  $z_{trip}$  = 24,130 m (s/LB)

#### 1.2 VÍVERES

##### Peso

Para hacer una estimación de esta partida se tendrá en cuenta los días de autonomía y el número de tripulantes que tiene que tener el buque por especificación y supondremos una necesidad de víveres de 4 kg/persona\*día.

La autonomía es de 18,51 días  $\approx$  19 días

Peso víveres,  $P_{vi}$  = 1,9 t  $\approx$  2 t



### **CENTRO DE GRAVEDAD COTA**

Tomamos para la cota la misma que la correspondiente al peso de tripulación ya que la ubicación de esta partida es también la zona de habilitación. Sería más exacto tomar el puntal a la semialtura de la cubierta de habilitación en la que se disponga la gambuza o almacén de víveres, pero aun no se ha hecho el estudio de la disposición general de habilitación y por tanto no es conocida. En todo caso se trata de una estimación.

Cota del centro de gravedad de víveres,  $z_{vi} = z_{trip} = 24,130 \text{ m (s/LB)}$

## **1.3 CARGOS Y PERTRECHOS**

### **PESO**

Hemos tomado peso igual al de víveres.

$$P_{car\_per} = 2 \text{ t}$$

### **CENTRO DE GRAVEDAD COTA**

Al igual que las partidas anteriores está situado en la habilitación y por tanto su cota del centro de gravedad es igual.

$$z_{car\_per} = z_{vi} = z_{trip} = 24,130 \text{ m (s/LB)}$$

## **1.4 TANQUES ANTI-ESCOR**

### **PESO**

El peso de esta partida (agua), está entre 200 y 300 toneladas. Hemos tomado 250 t.

$$P_{T\_Anti-esc} = 250 \text{ t}$$

### **COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD**

Suponemos que dichos tanques están ubicados en el doble fondo bajo la zona de carga, bodega. Luego:

$$z_{T\_anti-esc} = \frac{H_{DF}}{2}$$

luego



$$Z_{T\_anti-esc-Alter} = 1,43 m$$

## 1.5 AGUA DULCE

### PESO

Se ha supuesto una necesidad de 225 litros/persona · día , por lo que teniendo en cuenta que la autonomía es de 19 días y el número de tripulantes 25 tendremos abordo 106875 litros, es decir, aproximadamente 107 toneladas.

### COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El agua dulce tendrá una cota igual a la de la partida anterior, luego:

$$Z_{T\_anti-esc-Alter} = 1,43 m$$

## 1.6 COMBUSTIBLE

### PESO

Para el cálculo de esta partida será necesario tener en cuenta la potencia propulsora, la potencia de los grupos electrógenos y la autonomía.

El buque contará con dos motores principales. En una primera estimación se ha obtenido que la potencia total instalada para propulsar (contando con que llevan acoplados PTO's) es;

Potencia instalada Alternativa 13: 10300 kW

Potencia instalada Alternativa 14: 10735 kW

Potencia instalada Alternativa 20: 11843 kW

Estos datos han sido obtenidos mediante el procedimiento del Holtrop.

Para el cálculo de autonomía se tendrá en cuenta la especificación; 8000 millas al 90%MCR y 15 % de margen de mar.

Teniendo en cuenta que aproximadamente la velocidad en condiciones medias de servicio es de ½ a 1 nudo menor a la de pruebas de mar, podemos suponer que la velocidad de servicio será aproximadamente de 17,3 nudos.





De especificaciones de motores hemos tomado un valor de consumo para un motor de estas características funcionando al 90 % de MCR igual a 0,180 kg/kW·h.

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que el poder calorífico del combustible pesado H.F.O que consumirá el buque es menor que el correspondiente para el que proporcionan los fabricantes de motores el consumo en banco de pruebas, teniendo este último un poder calorífico de aproximadamente 10200 kcal/kg frente a las 9800 kcal/kg del primero. Por tanto la capacidad necesaria de combustible será mayor.

Además se deberá tener en cuenta que a la entrada en puerto se exige una reserva de un 10% de consumos.

	Capacidad necesaria de combustible (t)
Alternativa 13	999
Alternativa 14	1041
Alternativa 20	1149

Por otro lado, el buque se instalará 3 grupos electrógenos, siendo uno de ellos de respeto. En una primera aproximación hemos estimado la potencia demandada de los grupos electrógenos en navegación es de 800 kW. Para el cálculo del peso combustible necesario para los grupos electrógenos se ha considerado un consumo de 0,190 kg/kW·h y la autonomía de las especificaciones.

### COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Los tanques de combustible de los Motores Principales y de los Motores Auxiliares irán dispuestos a proa y popa del mamparo de proa de cámara de máquinas respectivamente.

Luego:

$$z_{T\_anti-esc} = H_{DF} + \frac{1}{2} \cdot (D_p - H_{DF}) = H_{DF} + \frac{1}{2} \cdot H_{Ginf}$$

$$z_{T\_Comb-Alter} = 5,68 m$$

## 1.7 ACEITE

### PESO

Hemos estimado el peso de aceite,  $P_{oil}$ , en 50 toneladas.



### COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El aceite tiene una cota igual a la mitad de la altura de doble fondo de la cámara de máquinas y por tanto la cota de su centro de gravedad será:

$$z_{T\_Oil} = 0,85 m$$

## 1.8 ELEMENTOS DE ESTIBA

### PESO

Los elementos de estiba estarán uniformemente repartidos por las cubiertas de carga.

Se ha estimado que la masa correspondiente a los elementos de estiba para trincaje de los trailers es de 40 t. Haciendo proporcionalidad con la carga de trailers que tendrá cada garaje (calculado en el apartado 4.1.9), tenemos que:

Alternativa 13:

	Peso (t)	P elementos de estiba (t)
Trailers de Ginf	895,700	12,755
Trailers de Gsup	1913,200	27,245

Tabla 8

Alternativa 14:

	Peso (t)	P elementos de estiba (t)
Trailers de gi	901	12,836
Trailers de gsupe	1904	27,111

Tabla 9

Alternativa 20:

	Peso (t)	P elementos de estiba (t)
Trailers sobre cubierta principal	2800	40,000

Por otro lado, el peso de los elementos de estiba de los contenedores se ha estimado en 30 t.

Luego

Peso total de elementos de estiba,  $P_{elem\ esti}=70\ t$

## COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Será calculado por la siguiente expresión:

$$KG_{elesti} = \frac{KG_{elestiTra\_Ginf} \cdot P_{elestiTra\_Ginf} + KG_{elestiTra\_Gsup} \cdot P_{elestiTra\_Gsup} + KG_{elestiCont} \cdot P_{elestiCont}}{P_{elesti}}$$

Los KG de los elementos de estiba de los trailers son los iguales al puntal de la cubierta garaje, es decir; los del garaje inferior o bodega tendrán un KG igual al puntal del doble fondo de la zona de carga y los del garaje superior tendrán un KG igual al puntal de la cubierta principal.

Por otro lado, el KG de los elementos de estiba de los contenedores estará a la semialtura de la altura de opilación de los contenedores.

Luego:

Cota elementos de estiba de la Alternativa 13,  $KG_{elesti A13}$  :

	P ele esti (t)	KG (m)	PesoxKG (txm)
Elementos estiba trailers Ginf	12,755	2,860	36,480
Elementos estiba trailers Gsup	27,245	8,500	231,581
Elementos estiba TEU's	30,000	18,027	540,795
	70,000	11,555	808,856

Tabla 10

$$KG_{elesti} = 11,555 \text{ m}$$

Cota elementos de estiba de la Alternativa 14,  $KG_{elesti A14}$  :

	P ele esti (t)	KG (m)	PesoxKG (txm)
Elementos estiba trailers Ginf	12,853	2,860	36,760
Elementos estiba trailers Gsup	27,147	8,500	230,747
Elementos estiba TEU's	30,000	18,027	540,795
	70,000	11,547	808,303

$$KG_{elesti A14} = 11,547 \text{ m}$$



Cota elementos de estiba de la Alternativa 20,

	P ele esti (t)	KG (m)	PesoxKG (txm)
Elementos estiba trailers Gsup	40,000	8,5	340,000
Elementos estiba TEU's	30,000	18,027	540,795
	70,000	12,583	880,795

$$KG_{eleesti A20} = 12,583 \text{ m}$$

## 1.9 CARGA

### PESO

El peso disponible para carga lo obtenemos restando al peso murto, PM, el sumatorio de todas las partidas de peso desglosadas en los puntos anteriores. Es decir:

Alternativa 13:

7 carriles

	Peso (t)
Combustible 0,180 kg/BHP*h	999
Combustible Gen 0,190 kg/BHP*h	82
Agua dulce 150-600 l/pers*día	107
Tanque antiescora 200-300 tm	250
Aceite	50
Viveres	2
Cargos y pertrechos	2
Tripulacion 100-125kg/persona	3
Elementos estiba	70
TOTAL (t)	1565
PM (t)	7500
P <sub>Tcarga</sub> (t)	5935

Luego:

- Peso total disponible para la carga,  $P_{Tcarga} = PM - 1565 \text{ t} = 5935 \text{ t}$

Por especificación de proyecto se exige que los trailers tengan un peso de aproximadamente 2 t/ml. Este requisito de proyecto nos condiciona el peso medio unitario máximo de los TEU's.



	Peso Trailers	
	Gi (ml)	Gs (ml)
	448	957
<b>Peso por unidad de longitud (t/m)</b>	2	2
<b>Total (t)</b>	<b>896</b>	<b>1913</b>
<b>TOTAL (t)</b>	2815	

En consecuencia dispondremos de 3126 t para llevar TEU's, por lo que teniendo en cuenta que la capacidad es de 500 TEU's, el peso medio unitario de estos será de 6,252 t.

Alternativa 14:

8 carriles

	Peso (t)
Combustible MP 0,180 kg/BHP*h	649,7632653
Combustible Gen 0,190 kg/BHP*h	81,89387755
Agua dulce 150-600 l/pers*día	106,875
Tanque antiescora 200-300 tm	250
Aceite	50
Viveres 4 kg/persona*día	1,9
Cargos y pertrechos	2
Tripulacion 100-125kg/persona	3,125
Elementos estiba	70
<b>TOTAL (t)</b>	<b>1216</b>
<b>PM (t)</b>	<b>7500</b>
<b>P<sub>Tcarga</sub> (t)</b>	<b>6284</b>

Luego:

- Peso total disponible para la carga,  $P_{Tcarga} = PM - 1216 t = 6284 t$
- Teniendo en cuenta las 2 t/ml tenemos:

	Peso Trailers	
	Gi (ml)	Gs (ml)
	451	952
<b>Peso por unidad de longitud (t/m)</b>	2	2
<b>Total (t)</b>	<b>901</b>	<b>1904</b>
<b>TOTAL (t)</b>	2805	

En consecuencia dispondremos de 3479 t para llevar TEU's, por lo que teniendo en cuenta que la capacidad es de 500 TEU's, el peso medio unitario de estos será de 6,958 t.

Alternativa 20:

8 carriles



	<b>Peso (t)</b>
Combustible MP 0,180 kg/BHP*h	649,7632653
Combustible Gen 0,190 kg/BHP*h	81,89387755
Agua dulce 150-600 l/pers*día	106,875
Tanque antiescora 200-300 tm	250
Aceite	50
Viveres 4 kg/persona*día	1,9
Cargos y pertrechos	2
Tripulacion 100-125kg/persona	3,125
Elementos estiba	70
<b>TOTAL (t)</b>	<b>1216</b>
<b>PM (t)</b>	<b>7500</b>
<b>P<sub>Tcarga</sub> (t)</b>	<b>6284</b>

Luego:

- Peso total disponible para la carga,  $P_{Tcarga} = PM - 1216 t = 6284 t$
- Teniendo en cuenta las 2 t/ml tenemos:

	<b>Peso Trailers</b>
	<b>Gs (ml)</b>
	1400
<b>Peso por unidad de longitud (t/m)</b>	2
<b>Total (t)</b>	<b>2800</b>

En consecuencia dispondremos de 2981 t para llevar TEU's, por lo que teniendo en cuenta que la capacidad es de 500 TEU's, el peso medio unitario de estos será de 5,961 t.

Resumen de peso medio máximo de un TEU (suponiendo carga establecida por especificaciones, 500 TEU's) según alternativa será:

	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 20
Peso medio TEU (t)	6,242	6,166	5,961

### COTA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS TRAILERS:

Para el cálculo de KG correspondiente a la carga de trailers tendremos en cuenta la cubierta en la que están y la semialtura de un trailer, que aproximadamente es 1,9 m. En este caso nos es necesario analizar ambas alternativas ya que serán iguales:

- Cota del c.g de los tráileres en bodega,  $KG_{Tra\_Ginf} = H_{DF\_Carga} + 1,9m$ .

$$KG_{Tra\_Ginf} = 4,76 m$$

- Cota del c.g de los tráileres en garaje superior,  $KG_{Tra\_Gsup} = D_p + 1,9m$



$$KG_{\text{Tra\_Gsup}} = 10,4 \text{ m}$$

Para el cálculo de la cota del centro de gravedad de los contenedores tendremos que tener en cuenta que están estibados sobre la cubierta superior, la altura de cada contenedor y además el número de apilaciones que es necesario hacer para llevar sobre cubierta expuesta los 500 TEU's. Se han estudiado dos disposiciones de los contenedores obteniendo el número de ellos que entran sin apilar en cubierta expuesta, tras esto vemos que para llevar la capacidad especificada es necesario en ambas alternativas apilar en el caso más favorable, 2,34 contenedores y en el más desfavorable 2,54. Luego supondremos, aunque esto sea más desfavorable que apilamos 3. Teniendo en cuenta esto y que están estibados sobre la cubierta superior, tenemos que:

Cota del c.g de los contenedores es,  $KG_{\text{cont}} = D_{\text{sup}} + 3/2 \cdot H_{\text{cont}}$

$$\text{Luego } KG_{\text{cont}} = 18,027 \text{ m}$$



## ANEXO IV

Tabla en la que se recoge los márgenes aceptables de GM para la alternativa 13 y alternativa 14:

	GM Margen (m)	
	5% de la B	7% de la B
<b>Alternativa 13</b>	1,145	1,603
<b>Alternativa 14</b>	1,275	1,785

Tablas en la que se recoge valores de GM en función de coeficiente de la flotación para la alternativa 13 y alternativa 14:

ALTERNATIVA 13. VARIACIÓN DE Cf DENTRO DE LOS MARGENES ADECUADOS PARA ESTE TIPO DE BUQUE											
<b>KG</b>	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
<b>c1</b>	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
<b>T</b>	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180
<b>KC</b>	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399
<b>Cf</b>	0,800	0,810	0,820	0,830	0,840	0,850	0,860	0,870	0,880	0,890	0,900
<b>c2</b>	0,700	0,710	0,720	0,730	0,740	0,750	0,760	0,770	0,780	0,790	0,800
<b>B</b>	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900	22,900
<b>T</b>	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176	6,176
<b>Cb</b>	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
<b>CM</b>	8,255	8,373	8,491	8,609	8,727	8,845	8,963	9,080	9,198	9,316	9,434
<b>KM</b>	11,654	11,772	11,890	12,008	12,126	12,244	12,362	12,479	12,597	12,715	12,833
<b>GM</b>	0,821	0,939	1,057	1,175	1,293	1,411	1,528	1,646	1,764	1,882	2,000

ALTERNATIVA 14. VARIACIÓN DE Cf DENTRO DE LOS MARGENES ADECUADOS PARA ESTE TIPO DE BUQUE										
<b>KG</b>	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808	10,808
<b>c1</b>	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
<b>T</b>	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180
<b>KC</b>	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399	3,399
<b>Cf</b>	0,800	0,810	0,820	0,830	0,840	0,850	0,860	0,870	0,880	0,890
<b>c2</b>	0,700	0,710	0,720	0,730	0,740	0,750	0,760	0,770	0,780	0,790
<b>B</b>	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500	25,500
<b>T</b>	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180	6,180
<b>Cb</b>	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611
<b>CM</b>	10,039	10,183	10,326	10,470	10,613	10,756	10,900	11,043	11,187	11,330
<b>KM</b>	13,438	13,582	13,725	13,869	14,012	14,155	14,299	14,442	14,586	14,729
<b>GM</b>	2,631	2,774	2,918	3,061	3,204	3,348	3,491	3,635	3,778	3,922





## ANEXO V

Tras analizar el GM se obtuvo que la única alternativa válida desde el punto de vista técnico es la Alternativa 13.

A continuación se analiza densidades de carga del buque y resistencia al avance mediante el método de Holtrop de la alternativa 13 y alternativa 14.

### DENSIDAD DE CARGA

#### TRÁILERES

	LBDsup (m <sup>3</sup> )	TRAILERS(t)	Trailers/LBDsup (t/m <sup>3</sup> )
Alternativa 13	55533	2815	0,051
Alternativa 14	53905	2805	0,052

Teniendo en cuenta número entero de tráileres:

		TRAILERS(t)		
	LBDsup (m <sup>3</sup> )	Nº	(t)	Trailers/LBDsup (t/m <sup>3</sup> )
Alternativa 13	55533	78	2574	0,046
Alternativa 14	53905	76	2508	0,047

#### CONTENEDORES

	Contenedores de carga (t)	Con. Carga/LBDsup (t/m <sup>3</sup> )
Alternativa 13	3126	0,056
Alternativa 14	3088	0,057

#### TRÁILERES + CONTENEDORES

	Trailers+Contenedores (t)	T+C/LBDsup (t/m <sup>3</sup> )
Alternativa 13	5941	0,107
Alternativa 14	5893	0,109

Teniendo en cuenta número de trailers:

	Trailers+Contenedores	T+C/LBDsup (t/m <sup>3</sup> )
Alternativa 13	5700	0,103
Alternativa 14	5596	0,104



## RESISTENCIA AL AVANCE Y COEFICIENTE DE ALMIRANTAZGO, C:

	Despla	VELOCIDAD (kn)	kW	C
Alt. 1.1	14918	18	4686	754
Alt. 1.2	14918	18	5117	691
Alt. 2.1	14764	18	4947	709
Alt. 2.2	14764	18	5460	643

# UPM-ETSIN



## Formas

---

PFC nº 10 – Cuaderno 3

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1.Introducción:	3
2.Análisis previo de la calidad del tipo de formas adoptadas.	4
3.Coefficientes principales de la Carena.	4
4.Perfiles de proa y popa.	5
4.1 Perfil de proa.	5
5.Parámetros de los bulbos de proa y popa, en su caso.	5
5.1 Bulbo de Proa.	5
6.Generación o derivación de formas.	7
7.Comprobación de las formas.	9
7.1 Hidrostáticas Preliminares.	9
7.2 Perfil del codaste, propulsor y timones. Huelgos mínimos:	10
8.Análisis de la Caja de Cuadernas y la Flotación.	13
9.Curva de áreas transversales normalizada.	14
10.Plano de formas con longitudinales y dos diagonales.	15
11.Bibliografía.	16
12.Anexos.	16



## 1. Introducción:

El objetivo del presente cuaderno es la obtención de las formas de la carena así como la obra muerta del buque, exceptuando la superestructura, que se dimensionará en el Cuaderno 4: Disposición General.

Las formas del casco del buque deben satisfacer diversos requisitos para ser consideradas satisfactorias. De un lado, deben albergar todos los equipos e instalaciones necesarios para el funcionamiento del mismo y la carga que debe transportar cumpliendo con la especificación de proyecto. Así mismo, deben permitir alcanzar la velocidad de proyecto sin elevar innecesariamente la potencia requerida, con el objetivo de reducir las exigencias de la planta propulsora en cuanto a potencia, tamaño, coste, etc. Además, dichas formas han de cumplir con los requerimientos de estabilidad establecidos en las reglas aplicables a este tipo de buques.

A tenor de todo esto el ingeniero naval debe adoptar una solución de compromiso que resultará en unas formas lo mas esbeltas posibles buscando una resistencia al avance mínima, sin comprometer la estabilidad exigida por la sociedad de clasificación.

Además deben tenerse en cuenta los medios físicos y técnicos disponibles en el astillero, para que resulte fácil y no excesivamente caro de fabricar.

El desarrollo de las formas pues, puede obtenerse por varios métodos.

- Desarrollo de las formas desde cero.
- Interpolación mediante series sistemáticas de carenas.
- Transformación de formas de buques parecidos de resultados contrastados.

Para generar las formas del buque se ha recurrido a unas formas ya existentes de un buque portacontenedores. A partir de éstas se realizan transformaciones paramétricas para encajar las dimensiones principales y posteriormente se van retocando hasta conseguir ajustarlas a los parámetros que se obtuvieron en el Cuaderno 2: Dimensionamiento.



## 2. Análisis previo de la calidad del tipo de formas adoptadas.

Se van a adoptar unas formas muy clásicas para este tipo de buques, con formas en U en la sección media, con fondos planos y unos radios en el pantoque bastante pequeños lo que lleva a coeficientes de la maestra del orden de 0,98 mejorando ostensiblemente el espacio en cubiertas bajas. Ello nos permitirá obtener a la postre un mayor espacio para las cubiertas de carga rodada y un aprovechamiento del garaje inferior<sup>1</sup>.

En proa predominan las formas en V ya que minimizan los efectos del Slamming y permiten ángulos de entrada en la flotación menores.

Por el contrario, en popa predominan las formas en U para permitir una manga muy amplia que facilite el trasiego de la carga en puerto, por otro lado, se contará con un quillote central que mejore la estabilidad de rumbo y direcciona bien el flujo que les llega a los propulsores.

## 3. Coeficientes principales de la Carena.

Tras el proceso de Dimensionamiento seguido en el Cuaderno 2, se han obtenido varias alternativas que cumplieran con las especificaciones del proyecto, cada una con sus coeficientes y dimensiones principales.

Finalmente se ha escogido el buque más esbelto que conllevará unos costes de explotación menores.

Los coeficientes y dimensiones principales del buque son las siguientes.

$C_B=0,61$
$C_P=0,63$
$C_M=0,98$
$C_{WP}=0,86$
$\Delta=14.918t$
$KM_t=12,4 m$
$X_{cc}=83m$

---

<sup>1</sup> Ver Cuaderno 4: Disposición General



## 4. Perfiles de proa y popa.

### 4.1 Perfil de proa.

El cuerpo de proa presenta una forma casi recta en la flotación de proyecto, cortando las secciones transversales a dicha flotación casi verticalmente. Las cuadernas en esta zona son más finas y en forma de V para disminuir la resistencia al avance.

Este tipo de buques se caracterizan por unas formas abanicadas en proa que permiten mangas elevadas por encima de la flotación para aumentar el espacio en las cubiertas de carga y favorecer la estabilidad.

Las formas de proa en V producen menos movimientos ya que facilitan el llenado de la flotación al chocar el buque. Además la mayor astilla muerta de éstas disminuye la presión de slamming si se producen impactos en el fondo. Sin embargo las formas en V producen mayor resistencia añadida por las olas que las formas en U.

El principal objetivo del bulbo de proa es disminuir la resistencia al avance por formación de olas en aguas tranquilas de los buques más rápidos, y mejorar el flujo en los cuerpos de entrada de los más lentos y mas llenos.

Así mismo de entre los diversos tipos de bulbo son recomendables los que poseen gran astilla muerta para minorar análogamente los efectos del slamming en él.

## 5. Parámetros de los bulbos de proa y popa, en su caso.

### 5.1 Bulbo de Proa.

El bulbo apropiado, propulsivamente hablando, actúa de las siguientes formas:

- Reduce la resistencia de formación de olas, al disminuir el tren de olas generado por el buque.
- Reduce la resistencia por olas rompientes, al conseguir menos olas y más amortiguadas.
- Reduce la resistencia residual de carácter viscoso al disminuir los torbellinos de proa.
- Aumenta la resistencia friccional por aumentar la superficie mojada.



Si el balance total en la resistencia al avance es negativo, entonces la resistencia decrece y el bulbo elegido nos beneficia.

El bulbo elegido es del tipo peonza, que posee gran astilla muerta y muy buen comportamiento en la mar, siendo su amortiguamiento muy alto cuando va completamente sumergido. Éste queda definido por los siguientes parámetros.

- Altura del punto de máxima protuberancia,  $Z_x$ , (altura del punto más a proa del bulbo).
- Abscisa del punto de máxima protuberancia,  $X_x$ , (abscisa del punto más a proa del bulbo referido a la Ppr).
- Manga del bulbo en la perpendicular de proa,  $Y_{x20}$ .
- Área transversal del bulbo en la perpendicular de proa,  $S_{20}$ , se adimensionaliza dividiendo por el área hasta el calado de proyecto de la sección maestra,  $S_{10}$ ,  $S_{20}/S_{10}$ .
- Coeficiente de afinamiento de la sección del bulbo,  $C_{20}$ , que es igual a  $S_{20}/Y_{x20} \times Z_{x20}$ .
- Altura del centro de gravedad del área del bulbo en la perpendicular de proa,  $Z_{cdg}$ .
- Relación entre el área de la sección en la perpendicular de proa y el área de la sección maestra,  $S_{20}/S_{10}$ .

$Z_x$	5,9 m
$X_x$	4,95 m
$Y_{x20}$	1,3 m
$S_{20}$	6,45 m <sup>2</sup>
$C_{20}$	0,84
$Z_{cdg}$	3,49 m
$S_{20}/S_{10}$	0,05





## 6. Generación o derivación de formas.

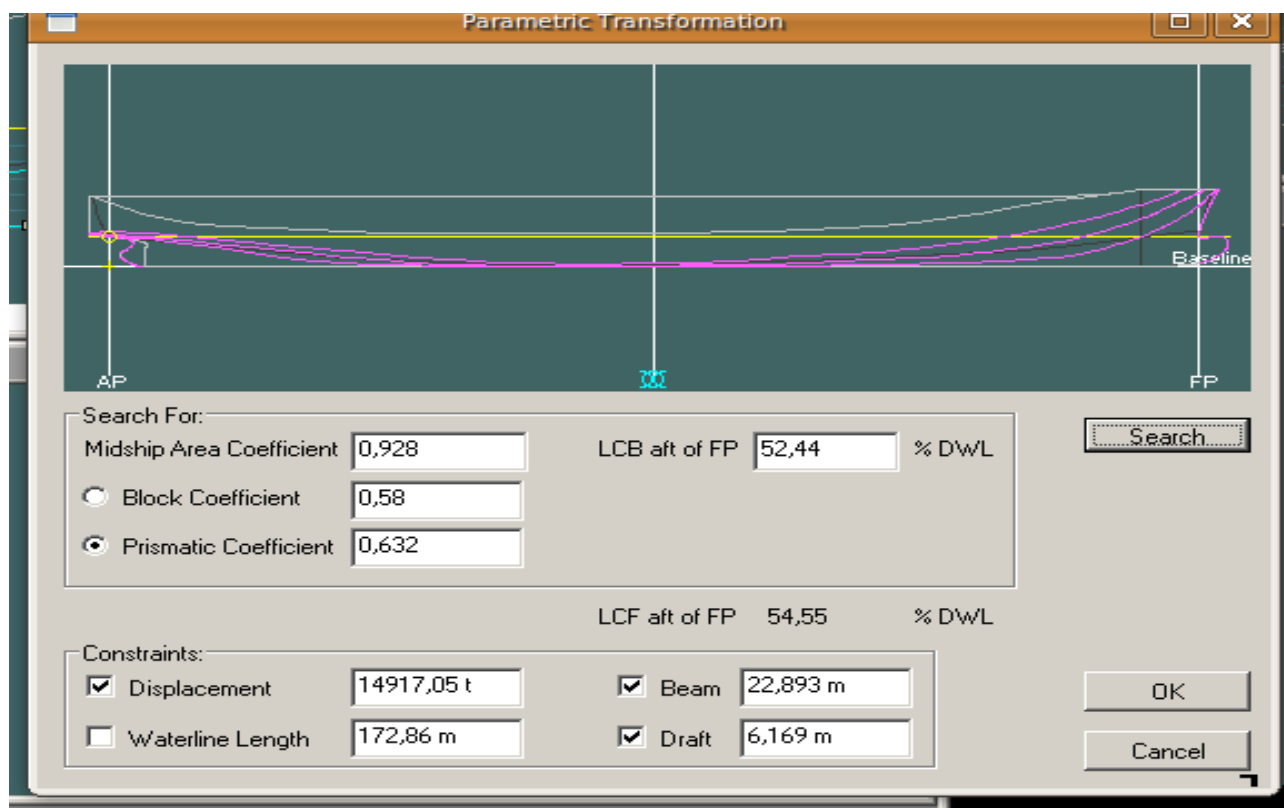
Como se dijo al final del epígrafe 1, el proceso seguido para la obtención de las formas del buque, ha sido el de derivación de formas. Para ello se escogió de las formas de los buques disponibles las más adecuadas y que pudieran cumplir mejor a priori la misión del buque proyecto.

Se seleccionaron las formas de un buque portacontenedores, disponible en la base de barcos que proporciona Maxsurf, cuyas dimensiones principales se tabulan a continuación.

Desplazamiento	34676 tons
Eslora entre perpendiculares	190,65 m
Manga de trazado	32,2 m
Calado	10,56 m
Coeficiente de Bloque	0,51
Coeficiente Prismático	0,54

Luego se realizó una transformación paramétrica en la que se fijaron las dimensiones principales que se obtuvieron en el Cuaderno 2, desplazamiento, manga en la flotación, calado, coeficiente de bloque, coeficiente de la maestra y posición longitudinal del centro de la carena.

Acto seguido se dio al modelo la altura de la cubierta expuesta y se fueron retocando elementos como el bulbo de proa, la clara en el codaste, etc, para acabar de conseguir verificar los parámetros obtenidos del dimensionamiento previo.



Finalmente el modelo de buque que se obtiene se considera bueno, cuando los resultados de las hidrostáticas que nos da el programa, sean cuasi idénticas a las definidas en el Cuaderno 1, algunas de las tolerancias que se admiten son las siguientes.

- Desplazamiento: discrepancia máxima del +2% en exceso para no penalizar ni el Peso Muerto ni el calado de diseño.
- Coeficiente de bloque: no debe diferir en más de un  $\pm 2\%$  respecto al valor del buque proyecto.
- Relación eslora/manga: variación máxima aceptable de un 2%.
- Posición longitudinal del centro de carena: diferencia máxima de  $\pm 1\%$ .
- Altura metacéntrica transversal: variación máxima del +1,5%.



## 7. Comprobación de las formas.

Una vez encajados los parámetros principales del dimensionamiento, como desplazamiento, eslora entre perpendiculares, manga,  $KM_t$ , etc, cabe realizar una comprobación conforme efectivamente el buque podrá llevar por dimensiones la carga especificada, así como los sistemas imprescindibles como son el elemento propulsor, en nuestro caso dos hélices de palas orientables, los timones, los locales del servo, los motores principales, etc.

Dicha comprobación se ha realizado positivamente pudiendo comprobarse en los planos adjuntos en el Cuaderno 4: Disposición General, que así es, por lo que se dispone de suficiente espacio en: las cubiertas destinadas a la carga rodada, en cubierta expuesta para los TEUs, en CC.MM para los motores y sus huelgos de cara al mantenimiento de los mismos y en los locales de sendos servos para los timones.

Los timones y los propulsores, análogamente, tienen suficiente espacio en el codaste y respetan los huelgos mínimos de cara a minimizar la propagación de vibraciones.

### 7.1 Hidrostáticas Preliminares

A continuación pueden verse los valores hidrostáticos de las formas adoptadas y los definidos en el Cuaderno de Dimensionamiento. Véase que todos los parámetros definidos en el Cuaderno 2 se han respetado dentro de las tolerancias admisibles.

HIDROSTATICAS				
	FORMAS	DIMENSIONAMIENTO		ERROR (%)
Displacement	15373,57	14918	tonne	2,96
Volume	14998,60	14554,15	$m^3$	2,96
Draft to Baseline	6,18	6,18	m	0,00
Immersed depth	6,18	6,18	m	0,00
Lwl	174,73		m	
Lpp	170,18		m	
Beam wl	22,90	22,9	m	0,02
WSA	5104,61		$m^2$	
Max cross sect area	137,28		$m^2$	



HIDROSTATICAS				
Waterplane area	3416,42		m <sup>2</sup>	
Cp	0,63	0,61		2,40
Cb	0,61	0,6		0,99
Cm	0,98	0,98		0,00
Cwp	0,85	0,86		-0,70
LCB from zero pt	84,34	83	m	1,59
LCF from zero pt	77,02		m	
KB	3,54	3,40	m	4,01
BMt	8,86	8,96	m	-1,09
BMI	453,75		m	
KMt	12,40	12,4	m	0,38
KMI	457,29		m	
Immersion (TPc)	35,02		tonne/cm	
MTc	402,29		tonne.m	
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	3327,75		tonne.m	
Precision	Highest		200 stations	
Densidad agua de mar	1025		kg/m3	

El origen está situado en la mecha del timón (C0) que se encuentra 4,5 m a proa del espejo de popa.

## 7.2 Perfil del codaste, propulsor y timones. Huelgos mínimos:

La hélice es un excitador de vibraciones en el buque, por las continuas fluctuaciones de presión sobre el casco, es por eso que es importante dejar ciertos huelgos entre ésta y las estructuras cercanas como pueden ser casco, timones y arbotantes.

Se recogen aquí los resultados discutidos más extensamente en el Cuaderno 6, "Cálculo de Potencia, Proyecto de Timones y Propulsores".

Según la sociedad de clasificación Bureau Veritas se tendrán en cuenta los siguientes huelgos mínimos:

### Huelgos mínimos entre propulsor y timón (d):



Según BV, el huelgo entre propulsor y timón no será inferior al mayor de los siguientes valores:

$$d_1 = 0,12 \cdot D$$

$$d_2 = \text{espesor máximo del timón}$$

En nuestro caso dicho huelgo vale:

Entre propulsor y timón (d).		
D propulsor	4,65	m
d1	0,56	m
d2	0,23	m
<b>d</b>	<b>0,56</b>	<b>m</b>

**Huelgos mínimos entre propulsor y la bovedilla del codaste (e):**

El espacio que se deja entre el propulsor y el casco es inversamente proporcional a las vibraciones que se transmiten al segundo por las fluctuaciones de presión debidas a la hélice.

Según la sociedad de clasificación BV, para buques de dos hélices tendremos una distancia entre la punta superior de la pala del propulsor y el casco nunca será inferior que el mayor de los valores de  $a_1$  y  $a_2$ , siendo estos:

$$a_1 = 0,65 \cdot \alpha \cdot D_p$$

$$a_2 = 0,2 \cdot D_p$$

Siendo

- $\alpha = \frac{(C_b \cdot P_{hel})^{2/3}}{8 \cdot L_{pp}}$
- $D_p$  el diámetro del propulsor.
- $C_b$  El coeficiente de bloque.
- $P_{hel}$  La potencia absorbida por la hélice.
- $L_{pp}$  La eslora entre perpendiculares.



Así los valores de  $a_1$  y  $a_2$  son los que mostramos en la siguiente tabla y el huelgo entre propulsor y casco ' $e$ '.

Huelgo entre propulsor y casco (e), nunca menor que el mayor entre $a_1$ y $a_2$		
$a_1$	0,00	m
alfa	0,00	
D propulsor	4,65	m
$a_2$	0,93	m
<b>e</b>	<b>0,93</b>	<b>m</b>

#### **Huelgo entre propulsor y arbotante (b):**

Bureau Veritas recomienda que la distancia entre la hélice al 70% del radio de la pala y el arbotante si lo hay sea de entre un 20% y un 50% del diámetro del propulsor.

Nosotros hemos optado por tomar un huelgo del 75% de la distancia máxima recomendada, es decir de un  $0,38 \cdot D$ , con el fin de reducir el arbotante necesario sin comprometer las vibraciones. Así como el arbotante se situará en una zona más próxima al casco tendrá una area mojada menor.

Entre propulsor y arbotante (b)		
D propulsor	4,65	m
0,2D	0,93	m
0,5D	2,33	m
b promedio	1,63	m
b 2/3	1,86	m



## 8. Análisis de la Caja de Cuadernas y la Flotación.

La Caja de cuadernas como puede verse en el plano de formas adjunto en este cuaderno, presenta unas líneas de suave curvatura, con quillote y formas en U en popa y bulbo y formas en V en proa. El gradiente en la caja de cuadernas es muy constante, aumentando si cabe en proa con las formas abanicadas. Un gradiente constante permite una buena definición de las formas entre cuadernas.

En cuanto a las líneas de agua y la flotación, el gradiente entre las mismas es bastante constante dando mucha información acerca de como es la superficie envolvente de las mismas, puede apreciarse que el centro de carena sale un poco a proa respecto lo normal en este tipo de buques, la razón es que el buque posee un trimado en proa excesivo por lo que se ha desplazado el volumen hacia proa. Ésto suele traducirse en pérdida de velocidad, este buque pero, no tiene unos requisitos de velocidad muy altos.

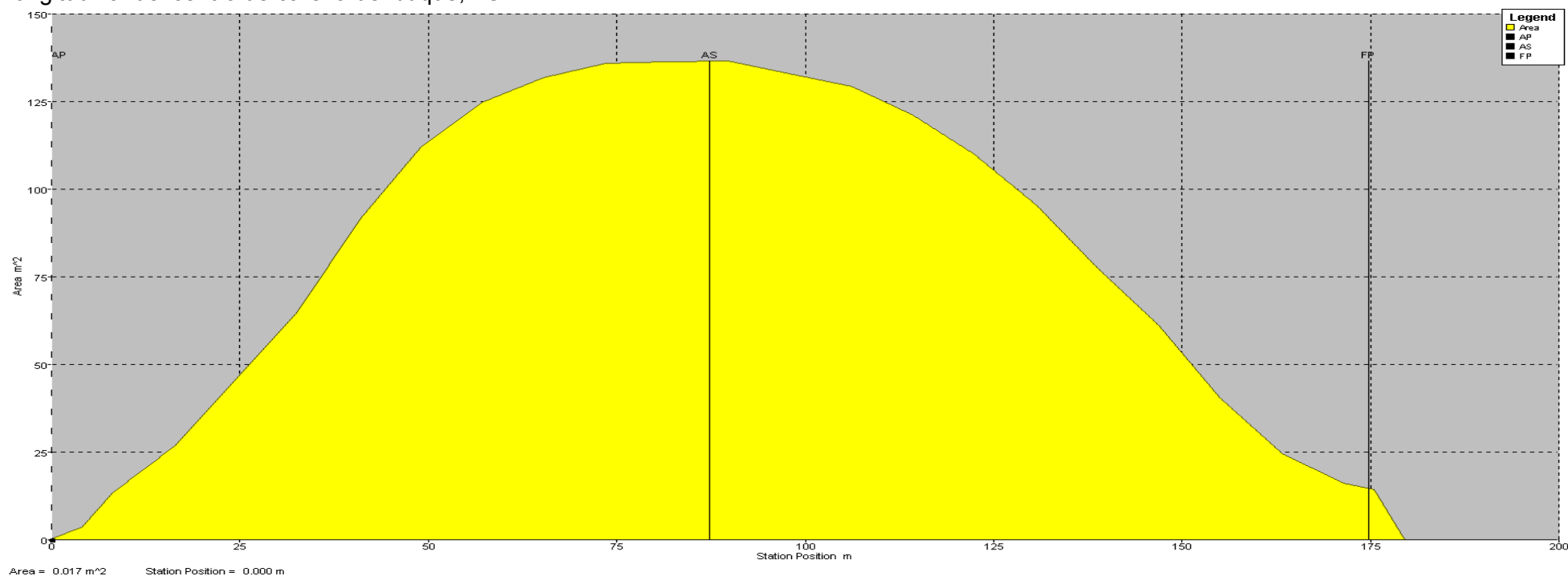
En las líneas de agua puede apreciarse también formas acucharadas a proa de la sección media a proa, esto ralentiza el flujo en esa zona incrementando la presión y la resistencia al avance a la postre. Asimismo vemos también una disminución en la semimanga muy acusado aguas abajo de la carena por lo que ésta tiene riesgo de tener problemas de desprendimiento de flujo a altas velocidades.

La línea de agua correspondiente a la flotación sin embargo es bastante buena, con un semiángulo de entrada de  $17^\circ$ , manteniendo en gran parte a lo largo de la eslora hacia popa, la manga máxima, lo que permite tener gran espacio de carga en la cubierta principal.



## 9. Curva de áreas transversales normalizada.

La Curva de áreas muestra la distribución longitudinal de los empujes del buque y permite comprobar cualitativamente el buen comportamiento de la carena. Vemos en la curva de áreas que hay un ligero “hombro” a popa de la sección media seguido de una pequeña “cuchara”, esto puede llevar a problemas de desprendimiento de flujo. La posición longitudinal del centro de gravedad del área encerrada por la curva coincide con la posición longitudinal del centro de carena del buque, LCB.



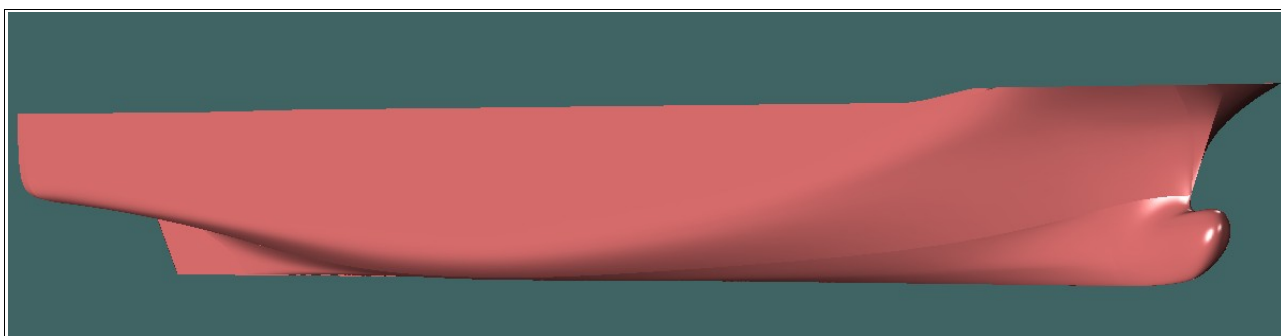
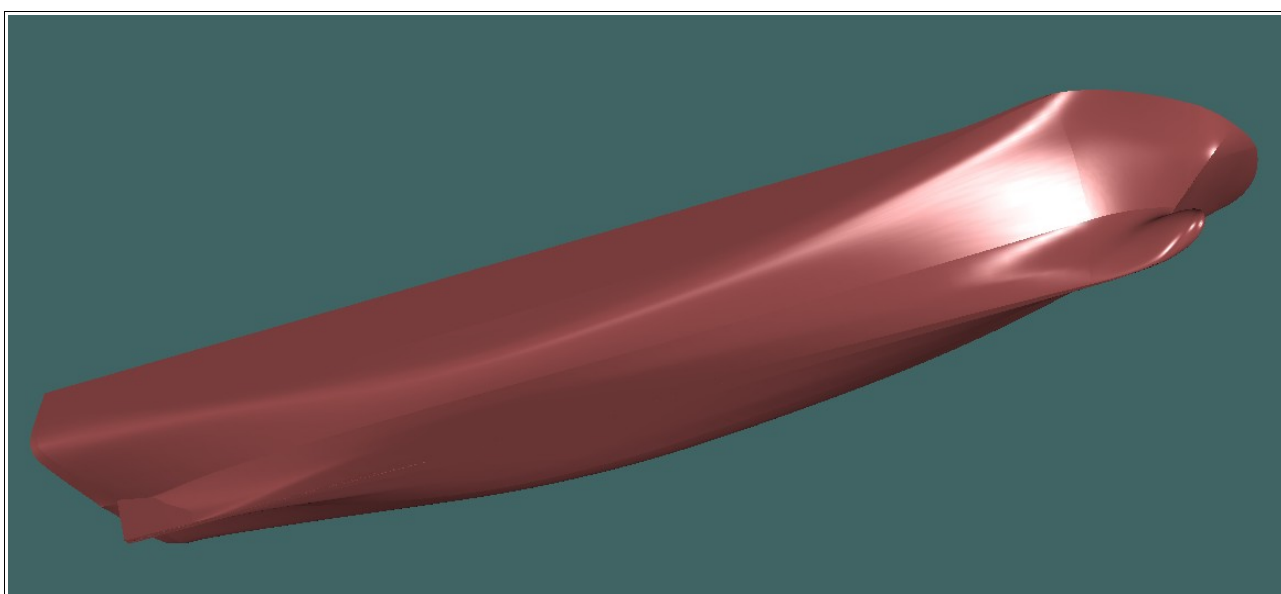




## 10. Plano de formas con longitudinales y dos diagonales.

Ver plano adjunto.

Se adjuntan varias vistas de las formas adoptadas.



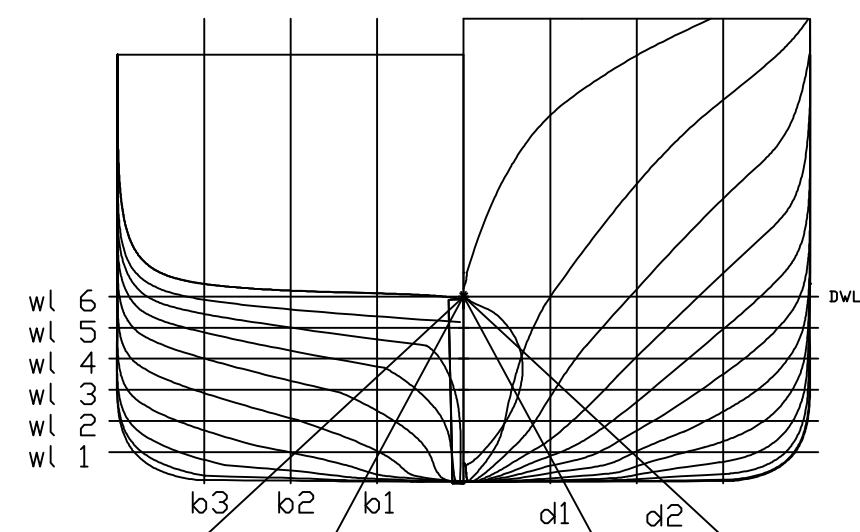
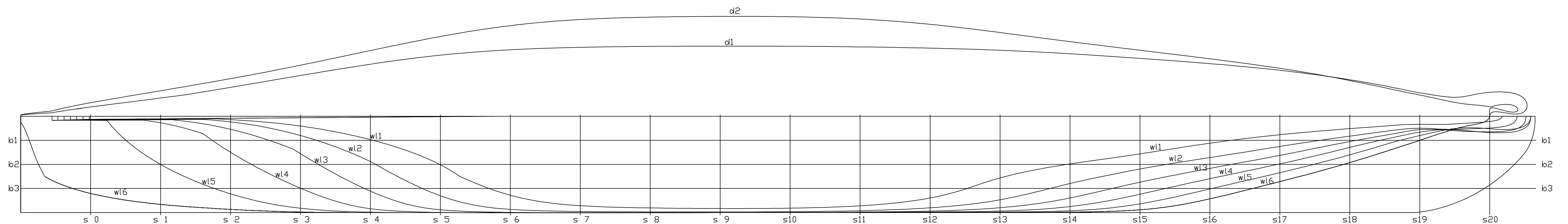
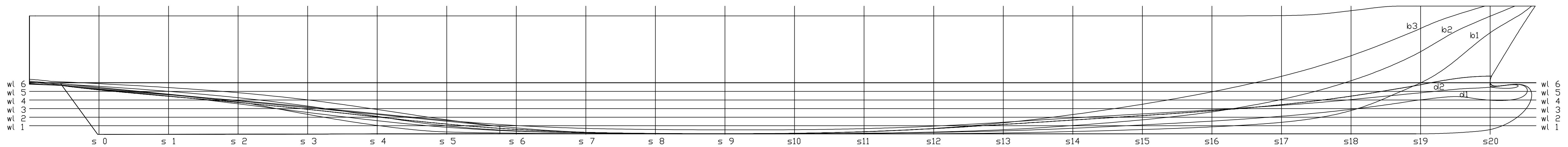


## 11. Bibliografía

1. **Proyecto básico del Buque Mercante.** D. Ricardo Alvariño Castro, D. Juan José Azpíroz Azpíroz, D. Manuel Meizoso Fernandez, Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales 2007.

## 12. Anexos

1. Plano de Formas



## BUQUE CON-RO/RO

### CAPACIDADES

1400 ml PARA TRANSPORTE DE TRAILERES  
500 TEUS CUBIERTA EXPUESTA

### DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA TOTAL, Loa	180,06 m
ESLORA, Lpp	170,18 m
MANGA, Boa	22,90 m
CALADO, T	6,18 m
DESPLAZAMIENTO,	15.373 t
COEFICIENTE BLOQUE, Cb	0,61
COEFICIENTE PRISMATICO, Cp	0,63

**PROYECTO Nº 010**  
**CON/RO 1400ML 500 TEU**

PLANO DE FORMAS

E 1:250

TUTOR: D. SEBASTIÁN ABRIL PÉREZ

DISEÑADO POR: MATÍAS BARTOLOMÉ ROBLES  
BORJA AGUILÓ PÓRTULAS



Escuela Técnica Superior de  
**Ingenieros Navales**

# UPM-ETSIN



## Disposición General

---

PFC nº 10 – Cuaderno 4

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1 Introducción.....	3
2 Generalidades.....	4
3 Estructura del Casco .....	4
3.1 Compartimentado.....	4
3.1.1 División Horizontal .....	4
3.1.2 División Vertical .....	5
3.2 Clara de Cuadernas.....	5
3.3 Clara de Bulárcamas.....	6
3.4 Cubierta de compartimentado.....	6
3.5 Mamparos Transversales Estancos .....	6
3.5.1 Mamparo de colisión.....	6
3.5.2 Mamparo del rasel de popa.....	7
3.5.3 Mamparo de proa y popa de la cámara de máquinas.....	8
3.6 Compartimentado del buque.....	8
4 Espacios de Carga.....	8
4.1 Garaje Inferior.....	8
4.2 Garaje Principal.....	9
4.3 Cubierta Expuesta.....	9
5 Cámara de Máquinas.....	10
6 Otros Espacios.....	10
6.1 Local del Servomotor.....	10
7 Disposición de Tanques.....	11
8 Equipos de Fondeo y Amarre.....	11
9 Ventilación.....	11
10 Equipo Contraincendios.....	12
10.1 Medios de Evacuación.....	12
10.2 Servicios Contraincendios.....	12
11 Medios de Salvamento.....	12
12 Habilitación.....	13
13 Flujos.....	14
13.1 Flujos de Carga.....	14
13.2 Flujos de la Tripulación.....	15
13.3 Flujo de Salvamento y CI.....	15
13.4 Flujo de Alimentos.....	15
13.5 Flujo de Basuras.....	16
14 Bibliografía.....	17
15 Anexos.....	17



## 1 Introducción:

El objetivo de este Cuaderno es la obtención de la disposición general de todos los espacios del buque, así como la determinación de los flujos existentes partiendo de las formas obtenidas del buque proyecto y atendiendo a las especificaciones marcadas.

El proceso seguido hasta la obtención final del plano de disposición general, ha comenzado con un esquema inicial para, posteriormente, apoyándonos en los diferentes documentos elaborados, perfilar la disposición definitiva.

La disposición general final será la indicada en los planos adjuntos, y responderá a los siguientes requerimientos de misión y reglamentos.

- El buque proyecto se proyecta para disponer de 1400 metros lineales de tráileres y capacidad para estibar 500 TEUs de forma combinada.
- El buque dispondrá de dos (2) rampas para el acceso de la carga, aumentando la velocidad de la operación. Estas rampas serán estancas a la intemperie cuando permanezcan cerradas.
- Para la comunicación entre cubiertas de carga, se dispondrán dos (2) rampas, una desde la cubierta principal que irá hacia el garaje inferior. Cuando el garaje inferior queda completo, se cierra dicha rampa, permitiendo el aprovechamiento de esos metros lineales, en la cubierta superior a la misma. La otra, forma parte de la cubierta expuesta, de modo que en caso de cargar los contenedores por medio de MAFIS o similares, se podrán llevar hasta arriba utilizando dicha rampa.
- Sendas rampas de acceso entre cubiertas son estancas a la intemperie y basculantes.
- La estructura del buque deberá cumplir con los reglamentos vigentes como, Bureau Veritas (BV) y SOLAS.
- En dicha disposición general debe considerarse habilitación para 17 Tripulantes, 6 Oficiales, Capitán y Jefe de Máquinas.



## 2 Generalidades

Son muchos los condicionantes que se presentan al configurar el plano de disposición general de este tipo de buques, no sólo por su cantidad, sino por su importancia final. Todos los apartados posteriores se han tenido en cuenta desde el comienzo del proyecto, pero es en este Cuaderno donde quedan concretados.

## 3 Estructura del Casco

### 3.1 Compartimentado

Es necesario subdividir el buque en compartimentos separados por mamparos estancos que aseguren unas determinadas condiciones de seguridad y estabilidad al buque en caso de avería.

La posición de los mamparos condicionará totalmente la distribución del buque en zonas y, una vez realizada la subdivisión, cualquier modificación en la posición de un mamparo o compartimento estanco afectará a toda la disposición del buque.

#### 3.1.1 División Horizontal

Horizontalmente, el buque se divide en tres zonas bien diferenciadas:

1. *Cubierta superior o expuesta*: destinada a la estiba de TEUs, tráileres, y los sistemas de amarre y fondeo por proa y popa.
2. *Cubierta principal*: es el suelo del garaje principal destinado a la estiba de tráileres, se halla a 8,5 metros del fondo del casco.
3. *Cubierta del doble fondo*: es la cubierta del garaje inferior destinado a la carga rodada, su cota es de 2,86m.
4. *Cubierta de la cámara de máquinas*: es la cubierta de ésta misma, su puntal es de 1,7 m.
5. *Cubierta secundaria de Cámara de Máquinas*: se encuentra a 4,5 metros de la L.B y se extiende desde popa hasta el Mamparo de Proa de CC.MM.



## Doble fondo

La altura del doble fondo mínima recomendada por BV es:

$$h_{df} = 3 \cdot \frac{(B + T + 10)}{100} = 1,7 \text{ m}$$

Para este buque se tomará para la altura del doble fondo 1,7 metros en Cámara de Máquinas, se ha decidido así para optimizar la poca altura de la que se dispone en CC.MM, y 2,86 metros bajo el garaje inferior.

### 3.1.2 División Vertical

El buque dispone de mamparos verticales estancos, que se extienden desde el doble fondo hasta la cubierta principal.

Igualmente se disponen mamparos estancos de limitación de tanques laterales en zona de bodega, pañoles, cajas de cuadernas.

### 3.2 Clara de Cuadernas

La elección de la clara de cuadernas responde exclusivamente a la conveniencia del proyectista y en su determinación entran en juego diversos factores:

- Colocación de mamparos estancos coincidentes con bulárcamas para evitar refuerzos redundantes que aumenten el peso en rosca y el coste por material.
- Seguir las recomendaciones de la Sociedad de Clasificación, que proporciona una clara de cuaderna recomendada a modo orientativo y que se define a efectos de escantillonado en sus reglamentos, y SOLAS, atendiendo a la longitud mínima de avería.
- Poder situar los camarotes entre bulárcamas, facilitando tanto la modularización de la construcción de la habitación, como la disposición de las ventanas de los camarotes y evitando refuerzos excesivos.

En nuestro caso obtenemos una clara de cuadernas, según BV de:

$$E_0 = 0,720 \cdot \left( \frac{L}{100} \right)^{0,25} = 0,8278 \text{ m}$$

Clara de cuadernas	0,8278	m
--------------------	--------	---





Vamos a considerar 4 claras de cuaderna entre bulárcamas por lo que tendremos un espaciado de cuadernas de 700mm.

### **3.3 Clara de Bulárcamas**

La distancia entre bulárcamas deberá ser múltiplo de la distancia entre cuadernas. Además, la característica principal de este tipo de buques es que deben disponer de garajes corridos para la carga de vehículos rodados, y como se ha dispuesto sistema transversal en cubierta, los refuerzos longitudinales son secundarios, deberán colocarse importantes refuerzos transversales, los baos, para transmitir adecuadamente las cargas al resto de la estructura y en particular a las bulárcamas en los costados. Así, se dispondrá una bulárcama cada cuatro cuadernas, con lo que la clara de bulárcamas será de 2800 mm.

En el doble fondo, bajo cada bulárcama se dispondrá una varenga que se extenderá desde el techo del doble fondo hasta la chapa de forro. Cuando éstas no deban ser estancas, llevarán aligeramientos y groeras.

### **3.4 Cubierta de compartimentado**

La cubierta de compartimentado está a 8,5m de altura sobre la línea base, se define como aquella hasta la que llegan los mamparos estancos.

### **3.5 Mamparos Transversales Estancos**

Según BV deben instalarse los siguientes mamparos estancos.

- Un mamparo de colisión.
- Un mamparo de prensaestopas del eje portahélice.
- Un mamparo en cada extremo de la cámara de máquinas y calderas.

Todos estos mamparos irán desde el techo del doble fondo pertinente, hasta la cubierta de compartimentado.

#### **3.5.1 Mamparo de colisión**

La posición del mamparo de colisión viene recogida en el reglamento de SOLAS en las que se



dice que, <...se instalará un mamparo de colisión que será estanco hasta la cubierta de francobordo...>, en el buque proyecto se ha dispuesto hasta la cubierta expuesta, <...este mamparo estará situado a una distancia de la perpendicular de proa no inferior al 5% de la eslora entre perpendiculares del buque o a 10 metros, cualquiera que sea menor, y a no más del 8% de la eslora entre perpendiculares...>.

$$5 \cdot L_{pp} = 8,51 \text{ m} \quad 8 \cdot L_{pp} = 13,61 \text{ m}$$

Cuando por debajo de la línea de flotación alguna parte del casco se prolongue por delante de la perpendicular de proa, como suele ser el caso de buques con bulbo de proa, las distancias anteriores se medirán desde un punto situado a la menor de las siguientes distancias.

1. A la mitad de la protuberancia, en nuestro caso el bulbo, es decir 2,49 metros por delante de la perpendicular de proa.
2. A una distancia igual al 1,5% de la eslora del buque, es decir 2,55 metros por delante de la perpendicular de proa.
3. A una distancia de 3 metros por delante de la perpendicular de proa.

Luego la distancia del mamparo de colisión se medirá desde 2,49 metros a proa de la perpendicular de proa y estará situado a 6,5 metros hacia popa, desde la perpendicular de proa.

menor de las distancias	2,49	m
-------------------------	------	---

Asimismo, de acuerdo con SOLAS, se ha dispuesto toda la superestructura a popa del mamparo de colisión, situado en la cuaderna constructiva C234.

### 3.5.2 Mamparo del rasel de popa

El mamparo del rasel de popa, que limita el pique de popa, se ha situado en la cuaderna constructiva C5. Además, en cumplimiento con el reglamento SOLAS, será estanco hasta la cubierta de cierre correspondiente.

Las bocinas van encerradas en espacios de reducido volumen estanco de agua entre las cuadernas C38 y C40.



### 3.5.3 Mamparo de proa y popa de la cámara de máquinas

La cámara de máquinas está situada entre el mamparo estanco en la cuaderna de construcción C50 y el mamparo estanco de la cuaderna de construcción C87.

Los motores auxiliares se disponen en la misma cámara de máquinas, a popa de los MM.PP.

Entre la C27 y la C38 sobre la Plataforma de CC.MM se situarán el cuadro eléctrico principal, la sala de control y la sala de generadores de cola.

### 3.6 Compartimentado del buque

Para poder cumplir los requerimientos de estabilidad después de averías, se han colocado las divisiones estancas que se describen a continuación.

Cubierta estanca o de compartimentado, que coincide con la principal, a una altura de 8,5 metros sobre la línea base.

Además de los mamparos estancos mencionados anteriormente, se han dispuesto otros dos mamparos longitudinales estancos a lo largo de los costados del buque, separados del forro una distancia de  $B/10$ , es decir 2,29m, para garantizar la integridad del buque en caso de vía de agua a través del costado. Dichos mamparos se subdividen a su vez transversalmente, de acuerdo a los requerimientos de estabilidad en averías, no siendo su separación inferior a 8,25 metros, (3% de  $L_s + 3m$ ), de acuerdo con la antigua definición de la eslora de la avería considerada por SOLAS.

Se ha intentado en cualquier caso, hacer coincidir los mamparos con las bulárcamas, buscando un mejor aprovechamiento del material. Dicha compartimentación transversal se extiende desde el techo del doble fondo hasta la cubierta principal (de compartimentado).

## 4 Espacios de Carga

La distribución de la carga entre los diferentes espacios se muestra en los planos adjuntos en éste Cuaderno. El flujo de las cargas se explica en apartado 13.1 del presente documento. En cuanto a los espacios de carga son:

### 4.1 Garaje Inferior

Se trata de un garaje completamente diáfano, dedicado a la carga de tráileres principalmente, este



garaje se encuentra encima del techo del doble fondo del buque, a una cota de 2,86 metros por encima de la línea base. Y se extiende desde el mamparo de proa de cámara de máquinas, coincidente con la cuaderna de construcción C87, hasta el Mamparo de Colisión, en la cuaderna constructiva C234.

Lateralmente se encuentra delimitado por sendos mamparos longitudinales estancos. Superiormente delimita con la cubierta principal a una cota de 8,50 metros.

El garaje con 325 metros lineales de carga, tiene capacidad para albergar unos 26 tráileres<sup>1</sup>.

## **4.2 Garaje Principal**

Éste se encuentra en la cubierta principal, a una altura de 8,50 metros por encima de la LB, queda delimitado por proa por el Mamparo de Colisión, cuaderna de construcción C234.

Por popa, por las propias puertas estancas a la intemperie para el embarque y desembarque de la carga. Lateralmente queda delimitado por el propio forro con sus refuerzos, superiormente queda cerrada por la cubierta expuesta.

Los refuerzos laterales y los baos se escantillonan de manera que no sean necesarios pilares entre las cubiertas, lo que permite tener una cubierta totalmente diáfana, que dispone de 975 metros lineales, permitiendo la estiba de unos 78 tráileres<sup>1</sup>.

## **4.3 Cubierta Expuesta**

Se trata de la cubierta destinada al transporte de contenedores, para cumplir con los requerimientos impuestos por las especificaciones, se disponen los 500 TEUs en 8 carriles, llegando a tener en algunas zonas hasta 4 contenedores apilados, a proa de la C80. Ver plano de DG para mayor detalle.

---

1. Dimensiones de los tráileres de referencia, definidos en el Cuaderno 10: Resistencia Estructural



## 5 Cámara de Máquinas

La cámara de máquinas está situada entre el mamparo estanco en la cuaderna de construcción C50 y el mamparo estanco de la cuaderna de construcción C87.

Los motores auxiliares se disponen en la misma cubierta de CC.MM a popa de los MM.PP.

Entre la C27 y la C38, sobre la Plataforma de CC.MM, se situarán el cuadro eléctrico principal y la Sala de Control.

En el Cuaderno 7, puede verse con más detalle la disposición general de la cámara de máquinas y los distintos equipos y servicios con los que se ha equipado, estos son entre otros:

- El local del Propulsor de Proa entre cuadernas C225 y C234.
- El Local del Servomotor, que va desde el espejo de popa hasta la cuaderna C5, limitada superiormente por la Cubierta Principal e inferiormente por la Plataforma de CC.MM.

El acceso a la CC.MM, se realizará a través de una escalera situada a babor, a la que se tiene acceso desde la oficina de carga en la cubierta principal. Una vez en la Plataforma de CC.MM se accede por las puertas estancas practicadas en el mamparo de popa de CC.MM, una a cada banda de estribor y babor.

## 6 Otros Espacios

### 6.1 Local del Servomotor

Se han dispuesto dos locales de servomotores debajo de la cubierta principal, y a popa del mamparo del rasel de popa, que se extienden hasta la cuaderna C-5.

Desde la cubierta principal se disponen dos accesos para el mejor mantenimiento de sendos servomotores, pudiéndose acceder también desde la Plataforma de CC.MM.

En este mismo local se han dispuesto además, los siguientes equipos y tanques.

- Dos grupos de control hidráulico del servomotor.
- Un tanque almacén de aceite del servomotor.
- Dos tanques de compensación de aceite del servomotor.



- Una bomba de trasiego de aceite del servomotor.
- Un extractor.
- Un tanque de almacén de aceite hidráulico del equipo de fondeo de popa.
- Un grupo hidráulico de las rampas y del equipo de fondeo de popa.

## 7 Disposición de Tanques

La justificación de la capacidad y localización de los tanques se puede ver en el Cuaderno 5, “Cálculos de Arquitectura Naval”.

## 8 Equipos de Fondeo y Amarre

Para el Fondeo y Amarre del Buque se disponen dos chigres hidráulicos en proa, en la Cubierta Expuesta, 14.140 mm sobre la LB, que se utilizan para las maniobras de fondeo y amarre. En popa se disponen otros dos, uno a cada banda.

Se disponen igualmente dos cajas de cadenas independientes una por cada ancla, entre molinete y escobén se disponen sendos estopores para el buen trincado de las mismas y se dispondrán collarines en la entrada y salida de los escobenes para reforzar la zona.

En los escobenes se disponen conductos de agua salada a presión que sirven para limpiar las anclas cuando se levantan.

## 9 Ventilación

En este tipo de buques es muy importante la ventilación de los espacios de carga ya que se deben de eliminar los humos producidos durante los embarques y desembarques de la carga rodada.

El volumen neto total de las zonas de carga que deben ventilarse es de aproximadamente 27730



m<sup>3</sup>. Se realizarán 10 renovaciones por hora en navegación normal y 30 en las operaciones de carga y descarga, cumpliendo así con SOLAS, por lo que deberán de instalarse sistemas de ventilación con una capacidad total de 831900 m<sup>3</sup>/h.

Éstos irán repartidos por las diferentes cubiertas de carga de la siguiente manera:

- 2 sistemas, a proa y popa, respectivamente en el Garaje Inferior.
- 3 sistemas, a proa, popa y en la sección media del buque en Cubierta principal.

## 10 Equipo Contraincendios

Para mayor detalle consultar el Cuaderno 8: Equipos y Servicios.

### 10.1 Medios de Evacuación

Se ha prestado especial atención a la regla 45 del SOLAS, para disponer de manera eficiente y segura los medios de evacuación del buque en caso de emergencia.

### 10.2 Servicios Contraincendios

El buque dispone de un servicio integral de contraincendios cuya misión es prevenir incendios y su propagación.

## 11 Medios de Salvamento

El buque cuenta con los medios de salvamento necesarios, entre ellos dos botes salvavidas cerrados, uno a cada banda, con capacidad para 25 personas cada uno. Estos botes están situados en la primera cubierta de habilitación entre las cuadernas 193 y 203, y dos balsas salvavidas, una por banda con capacidad para 25 personas cada una, y un bote de rescate.

Los botes y balsas salvavidas y el bote de rescate cuentan con los medios de estiba necesarios y con los equipamientos recogidos en el capítulo III del SOLAS.



## 12 Habilitación

La habilitación del buque se reparte en tres cubiertas, empezando desde la cubierta expuesta hacia arriba, con unas alturas brutas entre éstas de 2,80 metros.

- Cubierta nº7, Puente y habilitación para Oficiales, Capitán y Jefe de Máquinas.
- Cubierta nº6, de habilitación para Marinería.
- Cubierta nº5, de servicios comunes para la tripulación.

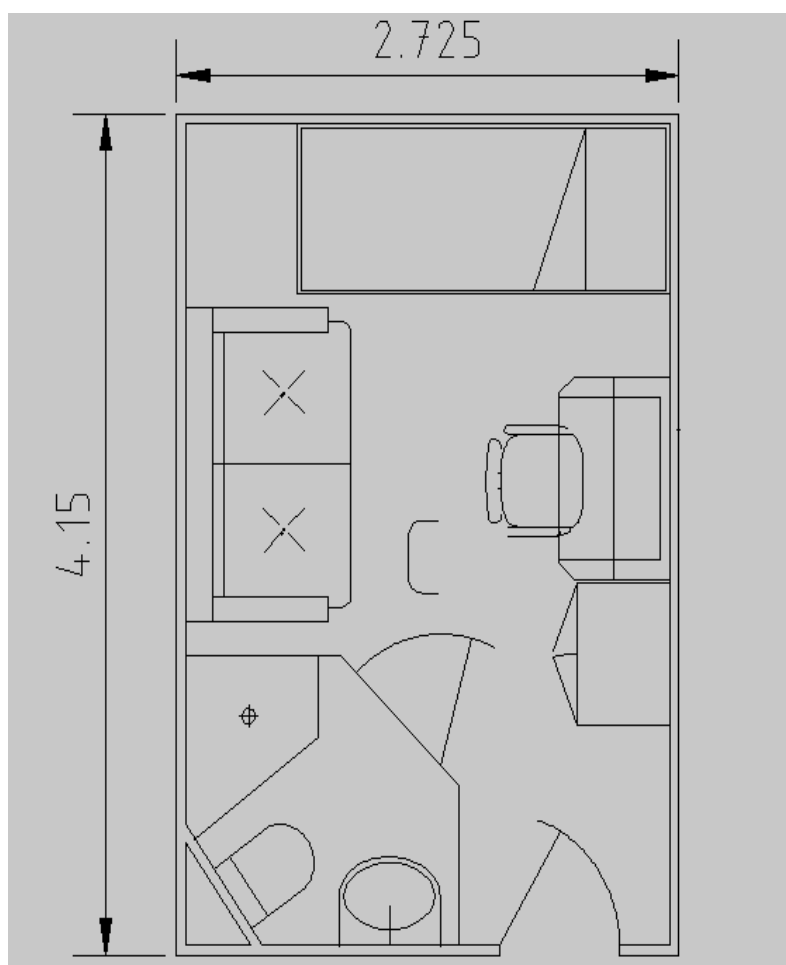
Los accesos a estos espacios se describirán en el siguiente apartado cuando hablemos de los flujos de tripulantes.

Se ha intentado obtener la máxima funcionalidad y aprovechamiento de estos espacios, sin olvidar dotar a estos de unas comodidades que hagan el trabajo de la tripulación lo más cómodo posible. El dimensionamiento de los camarotes se ha realizado de modo que sus paneles coincidieran con claras de cuadernas o bulárcamas y de este modo minimizar el uso de material.

La zona de habilitación de la cubierta ocupa en eslora, desde la cuaderna C188 hasta la C233.

Los camarotes de la tripulación tienen en sentido de la eslora, la dimensión de la separación entre bulárcamas aproximadamente, es decir, 2800 milímetros, están equipados con cama individual de 200x90 centímetros, baño particular con plato de ducha, inodoro y lavabo, butaca para lectura, mesilla de noche, mesa de estudio y armario guardarropa.





*Camarote de Tripulante en la banda de Babor.*

## 13 Flujos

### 13.1 Flujos de Carga

El buque está preparado para la carga y descarga por rampas de popa, asimismo la cubierta expuesta podrá ser cargada directamente con contenedores cuando el puerto disponga de los medios pertinentes.

El acceso de la carga a la cubierta principal se produce por la rampa de estribor de popa. Dicha rampa tiene una longitud de 12 metros con los flaps (9,5m sin flaps) y una anchura de 13 metros por lo que puede ser utilizada para cargar dos camiones simultáneamente o para entrada y salida de camiones simultánea.

Asimismo se dispone de una segunda rampa menor, para la carga y descarga exclusiva de la



cubierta expuesta, sus dimensiones son 12 (9,5) x 6,3 metros. Éste portón da paso a una rampa de 7º que lleva desde la cubierta principal hasta la cubierta expuesta en un recorrido de 46m.

Ambas puertas se abren y cierran mediante cilindros hidráulicos y en su posición estibada son estancas a la intemperie y serán operativas con escoras de hasta 3º y trimados de hasta 1,5º.

Para el acceso al garaje inferior, se dispone de una rampa fija de 7º, una vez lleno dicho garaje se cerrará de manera estanca a la intemperie, permitiendo la estiba encima de ésta en la cubierta principal.

Los contenedores se estibarán por lo general mediante el uso de grúas portuarias o plataformas rodantes de la terminal portuaria.

### **13.2      *Flujos de la Tripulación***

La tripulación accede al buque mediante los portones de popa, o bien si se dispone de pasarela en puerto, directamente por la Cubierta nº 5 de habitación a la altura de la C215 desde Estribor o Babor.

Si se accede por los portones de popa, puede subirse a las cubiertas superiores mediante el ascensor o las escaleras interiores al tronco del ascensor o del tambucho en babor en la C80.

El ascensor, va desde la cubierta garaje hasta el puente pudiendo parar en todas las cubiertas, tiene capacidad para 10 personas o 750 kg.

Cabe señalar además, que el buque dispone de escala de gato para el acceso del práctico en la cuaderna C50 en babor.

### **13.3      *Flujo de Salvamento y CI***

Cuando se da una situación de Salvamento o CI, se siguen estrictamente los protocolos marcados por SOLAS, accediendo a los botes y balsas salvavidas en la Cubierta nº 5 ya sea por los accesos en popa de dicha cubierta en la C190 o por los de proa en la C216.

### **13.4      *Flujo de Alimentos***

Los alimentos se introducen en las gambuzas mediante sendas plumas situadas en la Cubierta 5, babor y estribor, de 1,5t de capacidad y 10m de radio. Las gambuzas tienen acceso directo a la cocina y ésta acceso directo a los comedores.



### **13.5 Flujo de Basuras**

La filosofía del tratamiento de los residuos generados a bordo es la siguiente:

- Los residuos combustibles (y los lodos de la maquinaria) se quemarán en el incinerador.
- Los residuos orgánicos de la cocina se procesarán en las trituradoras de la misma.
- Los envases utilizados en la cocina, una vez convertidos en residuos, se compactarán en la unidad de compactado contigua a la cocina.
- Los residuos no combustibles se almacenarán en el cuarto de basuras hasta que puedan ser desembarcados en puerto.

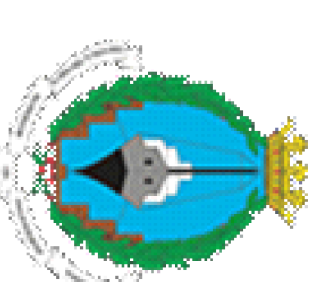
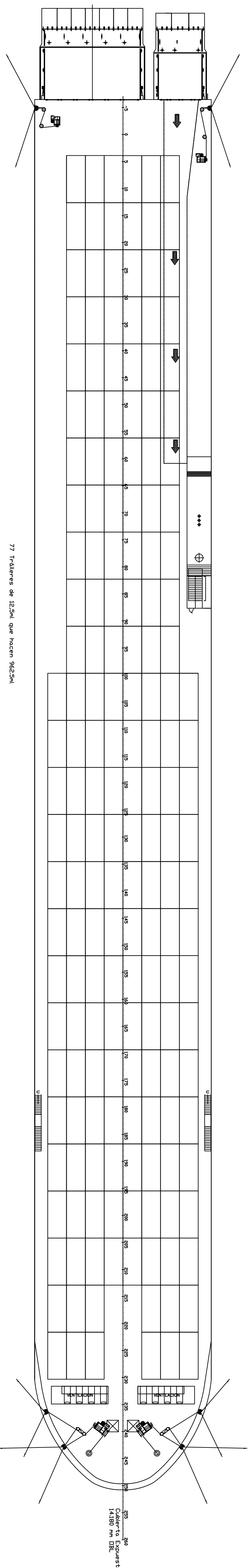
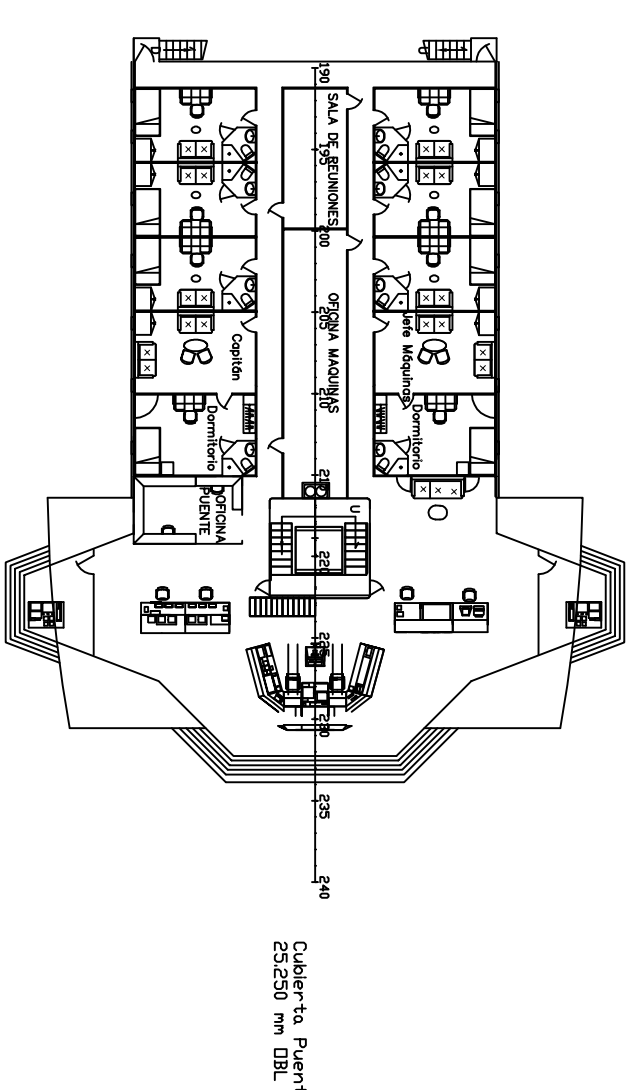
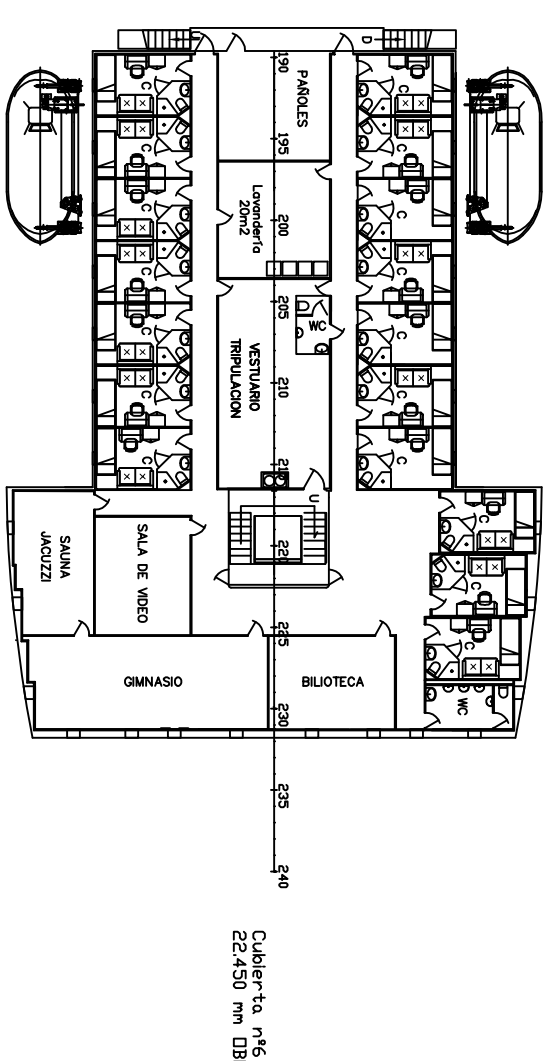
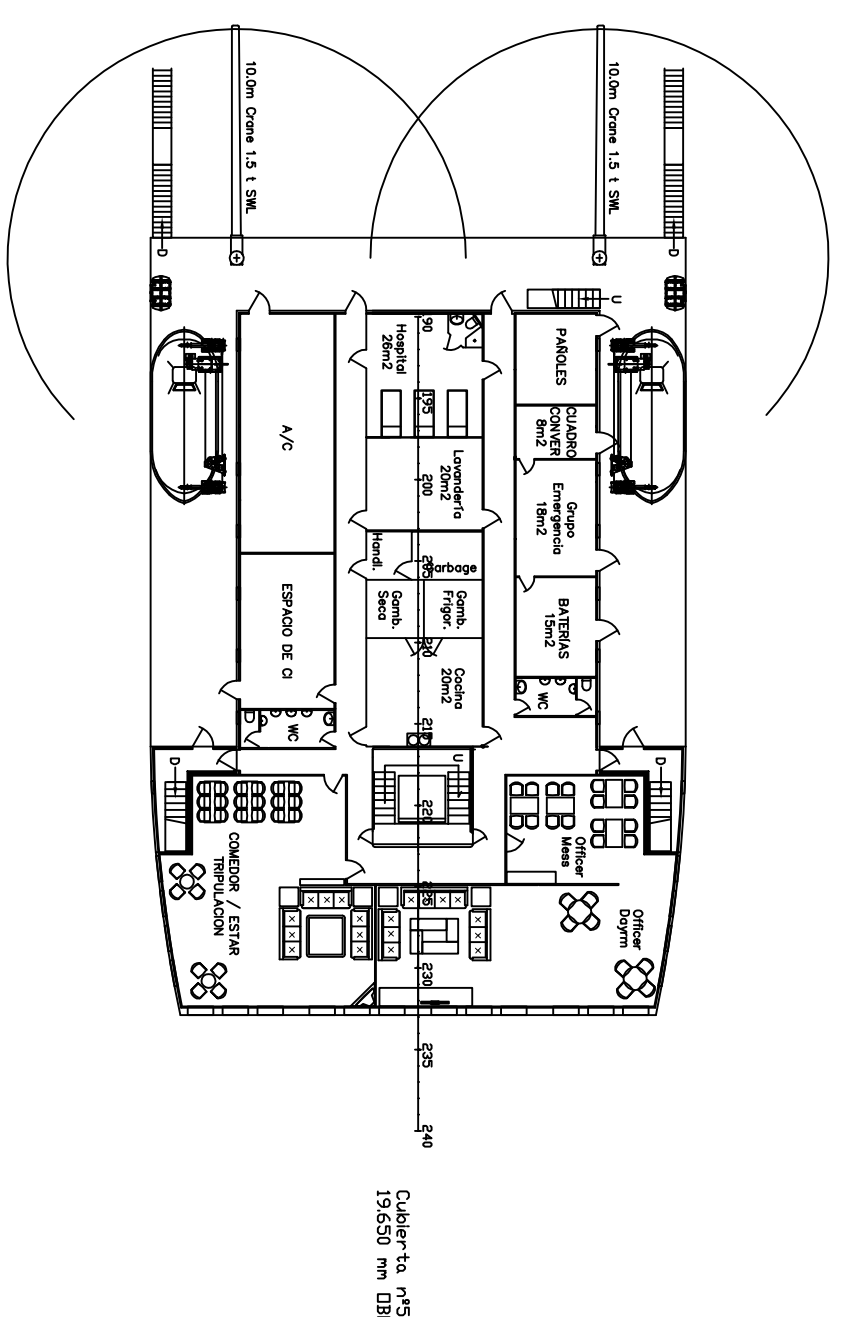
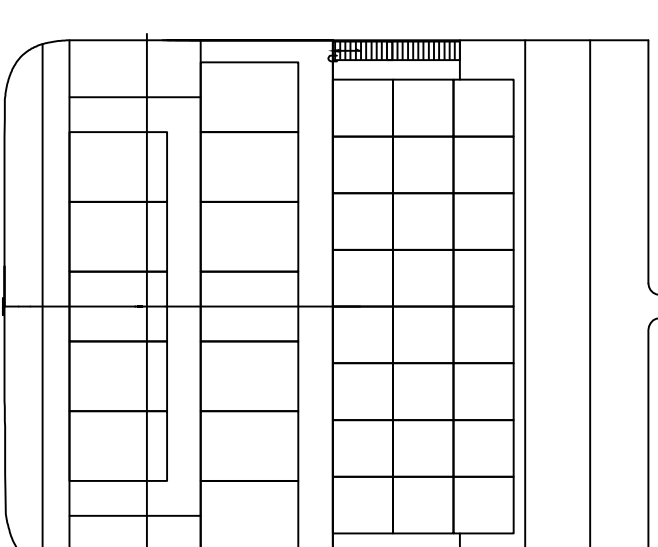
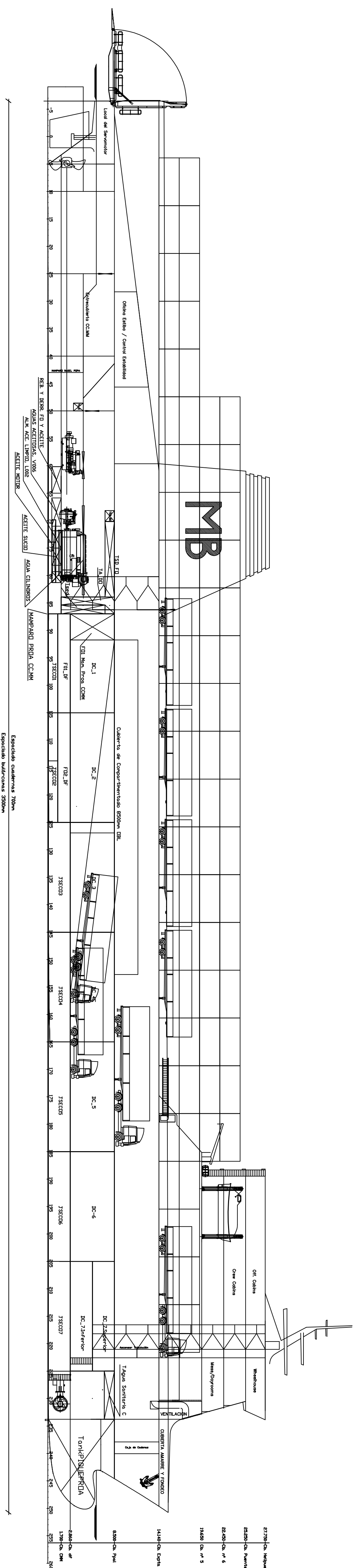
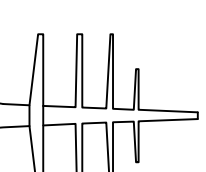


## 14 Bibliografía

1. ***Rules for the Classification of Steel Ships (Ed. 2007)*** Reglamento de la sociedad de clasificación Bureau Veritas para buques de acero.
2. ***Reglamento SOLAS (2009).***
3. ***Recomendaciones de la IMO para buques de transporte de carga rodada.***
4. ***Proyecto Básico del Buque Mercante.*** D. Ricardo Alvariño, D. Juan José Azpíroz, D. Manuel Meizoso. Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales.

## 15 Anexos

1. Plano de Disposición General DIN-A1



Escuela Técnica Superior de  
**Ingenieros Navales**

PROYECTO N° 10 CON/RO 1 400ML

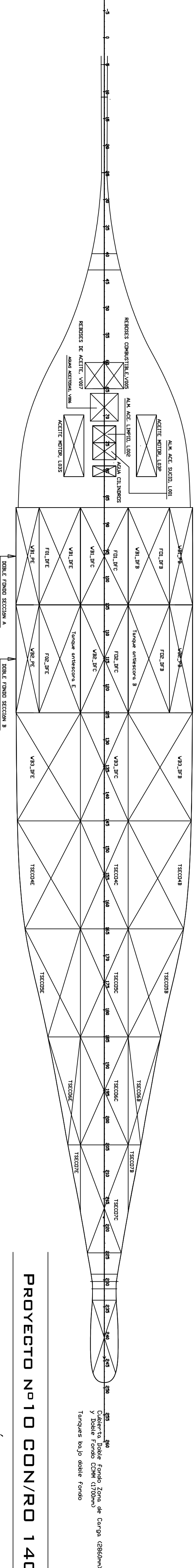
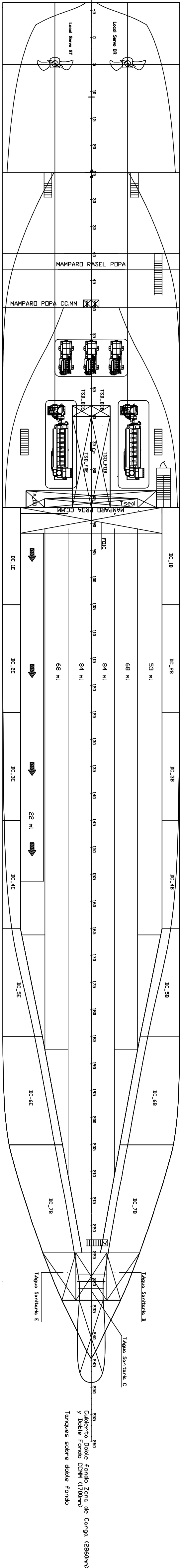
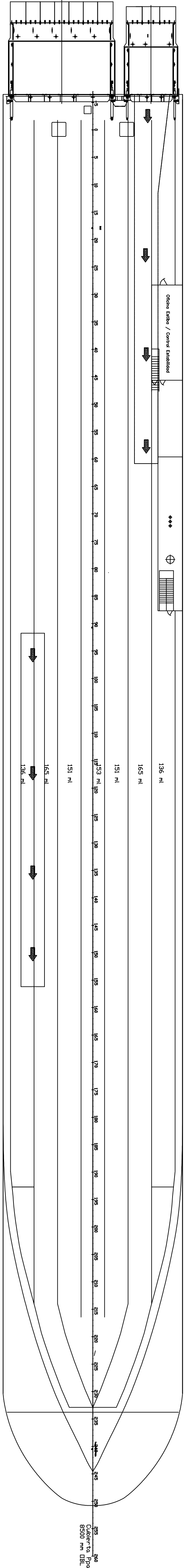
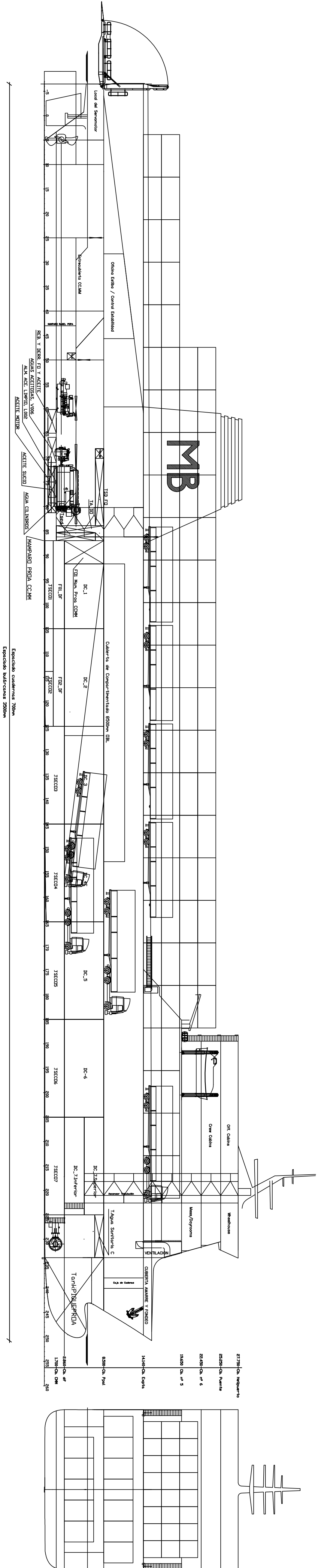
PLANO DISPOSICIÓN GENERAL 1 DE 2 1:325

TUTOR: D. SEBASTIÁN ABRIL PÉREZ

MATIAS BARTOLOME Y BORJA AGUILÓ

CAPACIDAD 14000L DE TRÁILERES	500 TEJAS
DESPLAZAMIENTO	1 537,3 T
LPP	170,14 M
MANGA	22,90 M
CALADO	6,18 M
PUNTALEO CETA. EXPUESTA	14,14 M
CB	0,6 M
AUTONOMIA	8000 NM





PROYECTO Nº10 CON/RO 1400ML	
PLANO DISPOSICIÓN GENERAL 2 DE 2 1:325	
TUTOR: D. SEBASTIÁN ABRIL PÉREZ	
MATIAS BARTOLOME Y BORJA AGUILÓ	
CAPACIDAD 1400ML DE TALERES 500 TEUS	15373 T
DESPLAZAMIENTO	170 14M
LPP	22 90M
MANSA	6 18M
CAJADO	14 14M
PUNTA OBT. EXPUESTA	0 61
CB	8000 NM
AUTONOMIA	

UPM-ETSIN



# Cálculos de Arquitectura Naval

---

PFC nº 10 – Cuaderno 5

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## ÍNDICE

1	Introducción .....	1
2	Tabla de hidrostáticas. Carenas rectas.....	2
3	Carenas inclinadas. ....	23
4	Tabla y plano de capacidades y c. de g. de espacios, con resúmenes por tipo de contenido.....	46
5	Situaciones de carga preliminares. ....	49
6	Cálculo de Francobordo.....	62
6.1	Introducción .....	62
6.2	Cálculo del francobordo.....	62
6.3	Francobordo tabular .....	63
6.4	Correcciones .....	63
6.4.1	Regla 29 – Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m. 63	
6.4.2	Regla 30 – Corrección por coeficiente del bloque.....	63
6.4.3	Regla 31 – Corrección por puntal .....	64
6.4.4	Regla 32 – Corrección por la posición de la línea de cubierta.....	64
6.4.5	Regla 32-1 – Corrección por nicho en la cubierta de francobordo.....	64
6.4.6	Regla 37 – Reducción por superestructuras y troncos.....	64
6.4.7	Regla 38 – Corrección por variaciones respecto la curva de arrufo normal. 64	
6.4.8	Francobordo geométrico.....	67
6.4.9	Francobordo por estabilidad y por escantillonado.....	67
6.5	Resumen de líneas de máxima carga.....	69
7	Cálculo de Arqueo .....	70
7.1	Arqueo Bruto .....	70
7.2	Arqueo Neto .....	70





*Buque CON-RO/RO*

*Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval*



*Proyecto nº10 2008-2009*



## 1 Introducción

En el presente documento se recogen los siguientes cálculos del proyecto en desarrollo:

- Tabla de hidrostáticas.
- Carenas inclinadas.
- Tabla y plano de capacidades y c. de g. de espacios.
- Situaciones de carga preliminares.
- Cálculos del francobordo y del arqueo.



## 2 Tabla de hidrostáticas. Carenas rectas.

A continuación se presenta algunos parámetros y coeficientes de la carena que se usan más adelante en el desarrollo del proyecto, sobre todo en los cálculos de estabilidad tanto intacta como después de averías.

Los cálculos presentados son acordes a las recomendaciones de la IMO a través de la circular MSC; “desde el calado en rosca hasta un calado igual al 115% del calado de máxima carga y a intervalos de no más de 5 cm”. También indica cuales son las hidrostáticas mínimas que hay que presentar.

Son presentados en tablas tanto en tablas como en gráficos. Por claridad de resultados en los gráficos se presenta por separado.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval



Proyecto nº10 2008-2009



	CALADO (m)							
	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93
Displacement tonne	7425	7562	7699	7837	7976	8115	8255	8395
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93
Draft at AP m	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93
Draft at LCF m	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	173,805	173,869	173,931	173,993	174,053	174,112	174,17	174,227
WL Beam m	22,948	22,948	22,948	22,948	22,947	22,947	22,947	22,946
Wetted Area m <sup>2</sup>	3270,922	3295,613	3320,415	3345,28	3370,172	3395,243	3420,309	3445,552
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2659,139	2671,647	2684,202	2696,763	2709,29	2721,94	2734,545	2747,276
Prismatic Coeff.	0,536	0,538	0,54	0,541	0,543	0,545	0,546	0,548
Block Coeff.	0,507	0,509	0,511	0,513	0,515	0,517	0,519	0,521
Midship Area Coeff.	0,964	0,965	0,965	0,966	0,966	0,967	0,967	0,968
Waterpl. Area Coeff.	0,667	0,67	0,673	0,675	0,678	0,681	0,684	0,687
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	3,698	3,692	3,685	3,677	3,668	3,658	3,646	3,634
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	3,404	3,335	3,262	3,186	3,108	3,025	2,941	2,851
KB m	2,038	2,066	2,095	2,123	2,151	2,18	2,208	2,237
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	12,884	12,741	12,601	12,466	12,334	12,207	12,082	11,961
BML m	492,982	489,284	485,745	482,339	479,041	475,928	472,905	470,059
GMt m	4,089	3,974	3,863	3,756	3,653	3,553	3,457	3,365
GML m	484,187	480,518	477,007	473,629	470,359	467,274	464,28	461,463
KMt m	14,922	14,807	14,696	14,589	14,486	14,386	14,29	14,198
KML m	495,02	491,351	487,84	484,462	481,192	478,107	475,113	472,296
Immersion (TPc) tonne/cm	27,261	27,39	27,518	27,647	27,776	27,905	28,035	28,165
MTc tonne.m	205,73	207,928	210,156	212,406	214,669	216,983	219,308	221,687
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	529,871	524,45	519,079	513,753	508,464	503,251	498,082	492,989
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	3,98	4,03	4,08	4,13	4,18	4,23	4,28	4,33
Displacement tonne	8536	8678	8821	8964	9107	9252	9397	9543
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	3,98	4,03	4,08	4,13	4,18	4,23	4,28	4,33
Draft at AP m	3,98	4,03	4,08	4,13	4,18	4,23	4,28	4,33
Draft at LCF m	3,98	4,03	4,08	4,13	4,18	4,23	4,28	4,33
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	174,283	174,337	174,391	174,443	174,494	174,543	174,592	174,639
WL Beam m	22,945	22,944	22,944	22,943	22,942	22,941	22,94	22,939
Wetted Area m <sup>2</sup>	3470,877	3496,255	3521,859	3547,502	3573,31	3599,289	3625,316	3651,621
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2760,04	2772,798	2785,732	2798,651	2811,698	2824,879	2838,051	2851,455
Prismatic Coeff.	0,55	0,551	0,553	0,555	0,556	0,558	0,56	0,562
Block Coeff.	0,523	0,525	0,527	0,529	0,531	0,533	0,535	0,537
Midship Area Coeff.	0,968	0,969	0,969	0,969	0,97	0,97	0,971	0,971
Waterpl. Area Coeff.	0,69	0,693	0,696	0,699	0,702	0,705	0,709	0,712
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	3,62	3,605	3,589	3,572	3,554	3,534	3,513	3,491
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	2,758	2,663	2,561	2,458	2,349	2,235	2,12	1,996
KB m	2,265	2,293	2,322	2,35	2,379	2,407	2,436	2,464
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	11,843	11,729	11,618	11,509	11,404	11,301	11,201	11,104
BML m	467,332	464,697	462,246	459,875	457,654	455,583	453,581	451,767
GMt m	3,275	3,189	3,106	3,026	2,949	2,875	2,804	2,735
GML m	458,764	456,157	453,735	451,392	449,2	447,157	445,184	443,399
KMt m	14,108	14,022	13,939	13,859	13,782	13,708	13,637	13,568
KML m	469,597	466,99	464,568	462,225	460,033	457,99	456,017	454,232
Immersion (TPc) tonne/cm	28,296	28,427	28,559	28,692	28,826	28,961	29,096	29,233
MTc tonne.m	224,096	226,525	229,021	231,536	234,107	236,74	239,393	242,133
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	487,978	483,041	478,205	473,453	468,806	464,271	459,831	455,526
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	4,38	4,43	4,48	4,53	4,58	4,63	4,68	4,73
<b>Displacement tonne</b>	9689	9837	9985	10133	10283	10433	10583	10735
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	4,38	4,43	4,48	4,53	4,58	4,63	4,68	4,73
<b>Draft at AP m</b>	4,38	4,43	4,48	4,53	4,58	4,63	4,68	4,73
<b>Draft at LCF m</b>	4,38	4,43	4,48	4,53	4,58	4,63	4,68	4,73
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	174,685	174,73	174,774	174,816	174,856	174,896	174,933	174,97
<b>WL Beam m</b>	22,938	22,936	22,935	22,934	22,933	22,932	22,931	22,93
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	3678,042	3704,563	3731,392	3758,311	3785,44	3812,828	3840,287	3868,067
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	2864,923	2878,439	2892,217	2906,058	2920,053	2934,267	2948,491	2962,986
<b>Prismatic Coeff.</b>	0,563	0,565	0,567	0,568	0,57	0,572	0,573	0,575
<b>Block Coeff.</b>	0,539	0,54	0,542	0,544	0,546	0,548	0,55	0,552
<b>Midship Area Coeff.</b>	0,971	0,972	0,972	0,972	0,973	0,973	0,973	0,974
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0,715	0,718	0,722	0,725	0,728	0,732	0,735	0,739
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	3,468	3,443	3,417	3,389	3,36	3,33	3,298	3,264
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	1,87	1,74	1,602	1,46	1,313	1,159	1,003	0,838
<b>KB m</b>	2,493	2,522	2,55	2,579	2,608	2,636	2,665	2,694
<b>KG m</b>	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
<b>BMt m</b>	11,009	10,917	10,827	10,74	10,655	10,572	10,492	10,414
<b>BML m</b>	450,051	448,418	446,977	445,625	444,397	443,329	442,305	441,457
<b>GMt m</b>	2,669	2,606	2,545	2,486	2,43	2,376	2,324	2,275
<b>GML m</b>	441,711	440,107	438,695	437,371	436,172	435,132	434,138	433,318
<b>KMt m</b>	13,502	13,439	13,378	13,319	13,263	13,209	13,157	13,108
<b>KML m</b>	452,544	450,94	449,528	448,204	447,005	445,965	444,971	444,151
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	29,371	29,51	29,651	29,793	29,936	30,082	30,228	30,377
<b>MTc tonne.m</b>	244,914	247,732	250,651	253,614	256,646	259,77	262,922	266,183
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	451,349	447,3	443,397	439,632	436,021	432,57	429,274	426,153
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	4,78	4,83	4,88	4,93	4,98	5,03	5,08	5,13
Displacement tonne	10887	11040	11194	11348	11504	11660	11817	11975
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	4,78	4,83	4,88	4,93	4,98	5,03	5,08	5,13
Draft at AP m	4,78	4,83	4,88	4,93	4,98	5,03	5,08	5,13
Draft at LCF m	4,78	4,83	4,88	4,93	4,98	5,03	5,08	5,13
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	175,004	175,037	175,069	175,098	175,126	175,151	175,174	175,195
WL Beam m	22,929	22,928	22,927	22,926	22,925	22,923	22,922	22,921
Wetted Area m <sup>2</sup>	3896,034	3924,112	3952,619	3981,182	4010,001	4039,143	4068,265	4097,88
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2977,616	2992,329	3007,425	3022,5	3037,77	3053,347	3068,824	3084,776
Prismatic Coeff.	0,577	0,578	0,58	0,582	0,584	0,585	0,587	0,589
Block Coeff.	0,554	0,556	0,557	0,559	0,561	0,563	0,565	0,567
Midship Area Coeff.	0,974	0,974	0,975	0,975	0,975	0,975	0,976	0,976
Waterpl. Area Coeff.	0,742	0,746	0,749	0,753	0,757	0,76	0,764	0,768
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	3,229	3,192	3,154	3,114	3,073	3,029	2,984	2,938
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,668	0,495	0,31	0,125	-0,068	-0,269	-0,469	-0,683
KB m	2,723	2,752	2,781	2,809	2,838	2,867	2,896	2,926
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	10,338	10,264	10,192	10,122	10,054	9,988	9,924	9,861
BML m	440,71	440,034	439,581	439,139	438,817	438,671	438,488	438,558
GMt m	2,227	2,182	2,139	2,098	2,059	2,022	1,987	1,954
GML m	432,599	431,953	431,528	431,116	430,822	430,705	430,552	430,651
KMt m	13,06	13,015	12,972	12,931	12,892	12,855	12,82	12,787
KML m	443,432	442,786	442,361	441,949	441,655	441,538	441,385	441,484
Immersion (TPc) tonne/cm	30,527	30,677	30,832	30,987	31,143	31,303	31,462	31,625
MTc tonne.m	269,511	272,891	276,42	279,968	283,607	287,378	291,142	295,096
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	423,226	420,481	417,939	415,596	413,455	411,522	409,82	408,342
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	5,18	5,23	5,28	5,33	5,38	5,43	5,48	5,53
Displacement tonne	12133	12292	12453	12614	12776	12938	13102	13266
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	5,18	5,23	5,28	5,33	5,38	5,43	5,48	5,53
Draft at AP m	5,18	5,23	5,28	5,33	5,38	5,43	5,48	5,53
Draft at LCF m	5,18	5,23	5,28	5,33	5,38	5,43	5,48	5,53
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	175,213	175,229	175,241	175,25	175,255	175,256	175,253	175,244
WL Beam m	22,92	22,919	22,918	22,917	22,916	22,915	22,914	22,913
Wetted Area m <sup>2</sup>	4127,319	4157,388	4187,194	4217,691	4247,919	4278,788	4309,463	4340,753
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3100,487	3116,811	3132,791	3149,449	3165,749	3182,667	3199,292	3216,472
Prismatic Coeff.	0,591	0,592	0,594	0,596	0,598	0,6	0,601	0,603
Block Coeff.	0,569	0,571	0,573	0,575	0,577	0,579	0,581	0,583
Midship Area Coeff.	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977	0,978
Waterpl. Area Coeff.	0,772	0,776	0,78	0,784	0,788	0,792	0,797	0,801
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	2,889	2,839	2,786	2,732	2,676	2,619	2,559	2,497
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,892	-1,118	-1,336	-1,574	-1,804	-2,051	-2,292	-2,55
KB m	2,955	2,984	3,013	3,042	3,072	3,101	3,13	3,16
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	9,801	9,742	9,685	9,63	9,577	9,525	9,475	9,426
BML m	438,517	438,788	438,897	439,346	439,627	440,211	440,656	441,366
GMt m	1,923	1,893	1,865	1,84	1,815	1,793	1,772	1,753
GML m	430,638	430,939	431,077	431,556	431,866	432,479	432,954	433,693
KMt m	12,756	12,726	12,698	12,673	12,648	12,626	12,605	12,586
KML m	441,471	441,772	441,91	442,389	442,699	443,312	443,787	444,526
Immersion (TPc) tonne/cm	31,786	31,954	32,117	32,288	32,455	32,629	32,799	32,975
MTc tonne.m	298,994	303,133	307,182	311,499	315,723	320,199	324,603	329,238
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	407,122	406,141	405,422	404,954	404,746	404,812	405,163	405,79
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	5,58	5,63	5,68	5,73	5,78	5,83	5,88	5,93
Displacement tonne	13432	13598	13765	13933	14102	14271	14442	14614
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	5,58	5,63	5,68	5,73	5,78	5,83	5,88	5,93
Draft at AP m	5,58	5,63	5,68	5,73	5,78	5,83	5,88	5,93
Draft at LCF m	5,58	5,63	5,68	5,73	5,78	5,83	5,88	5,93
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	175,229	175,207	175,175	175,133	175,077	175,002	175,367	176,598
WL Beam m	22,912	22,911	22,91	22,909	22,909	22,908	22,907	22,907
Wetted Area m <sup>2</sup>	4371,863	4403,689	4430,537	4462,746	4494,58	4515,899	4536,922	4572,936
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3233,338	3250,766	3267,564	3285,253	3301,702	3319,42	3335,497	3356,502
Prismatic Coeff.	0,605	0,607	0,609	0,611	0,613	0,615	0,616	0,614
Block Coeff.	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,597	0,599
Midship Area Coeff.	0,978	0,978	0,978	0,978	0,979	0,979	0,979	0,979
Waterpl. Area Coeff.	0,805	0,81	0,814	0,819	0,823	0,828	0,83	0,83
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	2,434	2,368	2,3	2,231	2,159	2,085	2,009	1,93
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,804	-3,076	-3,338	-3,615	-3,89	-4,218	-4,519	-4,876
KB m	3,189	3,219	3,248	3,278	3,308	3,337	3,367	3,397
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	9,379	9,333	9,289	9,247	9,205	9,166	9,127	9,091
BML m	441,927	442,736	443,249	444,206	444,531	445,371	445,437	447,914
GMt m	1,735	1,719	1,705	1,692	1,68	1,67	1,662	1,654
GML m	434,284	435,121	435,665	436,651	437,005	437,876	437,971	440,478
KMt m	12,568	12,552	12,538	12,525	12,513	12,503	12,495	12,487
KML m	445,117	445,954	446,498	447,484	447,838	448,709	448,804	451,311
Immersion (TPc) tonne/cm	33,148	33,327	33,499	33,68	33,849	34,031	34,196	34,411
MTc tonne.m	333,795	338,577	343,165	348,139	352,644	357,599	361,954	368,349
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	406,71	407,954	409,479	411,334	413,49	415,984	418,804	421,967
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0





	CALADO (m)							
	5,98	6,03	6,08	6,13	6,18	6,23	6,28	6,33
Displacement tonne	14786	14960	15134	15310	15486	15664	15842	16021
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	5,98	6,03	6,08	6,13	6,18	6,23	6,28	6,33
Draft at AP m	5,98	6,03	6,08	6,13	6,18	6,23	6,28	6,33
Draft at LCF m	5,98	6,03	6,08	6,13	6,18	6,23	6,28	6,33
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	177,7	174,794	174,765	174,744	174,729	174,72	174,714	174,713
WL Beam m	22,906	22,906	22,905	22,905	22,905	22,905	22,905	22,904
Wetted Area m <sup>2</sup>	4587,874	4621,454	4654,003	4685,644	4716,459	4746,479	4775,562	4803,325
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3376,014	3396,192	3415,361	3433,596	3450,951	3467,419	3482,802	3496,654
Prismatic Coeff.	0,612	0,624	0,626	0,628	0,63	0,632	0,634	0,636
Block Coeff.	0,601	0,604	0,607	0,609	0,611	0,613	0,615	0,617
Midship Area Coeff.	0,979	0,979	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Waterpl. Area Coeff.	0,829	0,848	0,853	0,858	0,862	0,866	0,87	0,874
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	1,849	1,765	1,679	1,591	1,502	1,412	1,322	1,231
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-5,242	-5,549	-5,832	-6,092	-6,331	-6,55	-6,743	-6,902
KB m	3,427	3,457	3,487	3,517	3,547	3,577	3,607	3,637
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	9,055	9,02	8,985	8,95	8,914	8,877	8,839	8,799
BML m	449,565	451,792	453,587	454,994	456,054	456,77	457,071	456,782
GMt m	1,649	1,644	1,639	1,634	1,628	1,621	1,613	1,603
GML m	442,159	444,416	446,24	447,677	448,767	449,514	449,845	449,586
KMt m	12,482	12,477	12,472	12,467	12,461	12,454	12,446	12,436
KML m	452,992	455,249	457,073	458,51	459,6	460,347	460,678	460,419
Immersion (TPc) tonne/cm	34,611	34,818	35,014	35,201	35,379	35,548	35,706	35,848
MTc tonne.m	374,121	380,445	386,466	392,208	397,694	402,917	407,8	412,168
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	425,491	429,151	432,857	436,486	439,894	443,06	445,919	448,301
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



	CALADO (m)							
	6,38	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,73
Displacement tonne	16200	16380	16561	16742	16924	17106	17288	17471
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	6,38	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,73
Draft at AP m	6,38	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,73
Draft at LCF m	6,38	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,73
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	174,715	174,719	174,726	174,735	174,746	174,759	174,773	174,789
WL Beam m	22,904	22,904	22,904	22,903	22,903	22,903	22,903	22,902
Wetted Area m <sup>2</sup>	4829,619	4854,629	4878,699	4902,057	4924,842	4947,163	4969,11	4990,714
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3508,822	3519,529	3529,144	3537,922	3546,003	3553,51	3560,535	3567,106
Prismatic Coeff.	0,638	0,64	0,641	0,643	0,645	0,647	0,649	0,651
Block Coeff.	0,619	0,621	0,623	0,625	0,627	0,629	0,631	0,633
Midship Area Coeff.	0,98	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981
Waterpl. Area Coeff.	0,877	0,88	0,882	0,884	0,886	0,888	0,89	0,891
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	1,14	1,05	0,96	0,872	0,785	0,7	0,616	0,533
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-7,023	-7,111	-7,176	-7,223	-7,256	-7,277	-7,288	-7,291
KB m	3,667	3,697	3,727	3,757	3,787	3,817	3,847	3,877
KG m	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
BMt m	8,758	8,714	8,668	8,619	8,569	8,517	8,464	8,409
BML m	455,859	454,407	452,588	450,512	448,236	445,812	443,282	440,655
GMt m	1,592	1,578	1,562	1,544	1,523	1,501	1,478	1,453
GML m	448,693	447,272	445,482	443,436	441,19	438,796	436,297	433,699
KMt m	12,425	12,411	12,395	12,377	12,356	12,334	12,311	12,286
KML m	459,526	458,105	456,315	454,269	452,023	449,629	447,13	444,532
Immersion (TPc) tonne/cm	35,972	36,082	36,181	36,271	36,354	36,431	36,503	36,57
MTc tonne.m	415,959	419,253	422,181	424,839	427,271	429,522	431,627	433,592
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	450,138	451,2	451,481	451,028	449,917	448,205	445,933	443,136
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval



Proyecto nº10 2008-2009



	CALADO (m)					
	6,78	6,83	6,88	6,93	6,98	7,03
<b>Displacement tonne</b>	17654	17837	18021	18205	18389	18573
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	6,78	6,83	6,88	6,93	6,98	7,03
<b>Draft at AP m</b>	6,78	6,83	6,88	6,93	6,98	7,03
<b>Draft at LCF m</b>	6,78	6,83	6,88	6,93	6,98	7,03
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	174,806	174,824	174,844	174,864	174,908	174,933
<b>WL Beam m</b>	22,902	22,902	22,902	22,902	22,902	22,902
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	5012,039	5033,118	5054,01	5074,729	5095,321	5115,79
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	3573,313	3579,175	3584,778	3590,14	3595,344	3600,391
<b>Prismatic Coeff.</b>	0,652	0,654	0,656	0,657	0,659	0,661
<b>Block Coeff.</b>	0,634	0,636	0,638	0,64	0,642	0,643
<b>Midship Area Coeff.</b>	0,981	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0,893	0,894	0,895	0,896	0,898	0,899
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	0,452	0,372	0,295	0,218	0,144	0,071
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	-7,286	-7,275	-7,259	-7,237	-7,21	-7,179
<b>KB m</b>	3,907	3,937	3,967	3,996	4,026	4,055
<b>KG m</b>	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833	10,833
<b>BMt m</b>	8,354	8,297	8,24	8,183	8,126	8,068
<b>BML m</b>	437,969	435,229	432,468	429,692	426,936	424,198
<b>GMt m</b>	1,428	1,401	1,374	1,346	1,319	1,291
<b>GML m</b>	431,043	428,333	425,602	422,856	420,129	417,42
<b>KMt m</b>	12,261	12,234	12,207	12,179	12,152	12,124
<b>KML m</b>	441,876	439,166	436,435	433,689	430,962	428,253
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	36,634	36,694	36,751	36,806	36,859	36,911
<b>MTc tonne.m</b>	435,451	437,206	438,891	440,509	442,097	443,651
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	439,871	436,18	432,148	427,8	423,207	418,377
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0	0	0

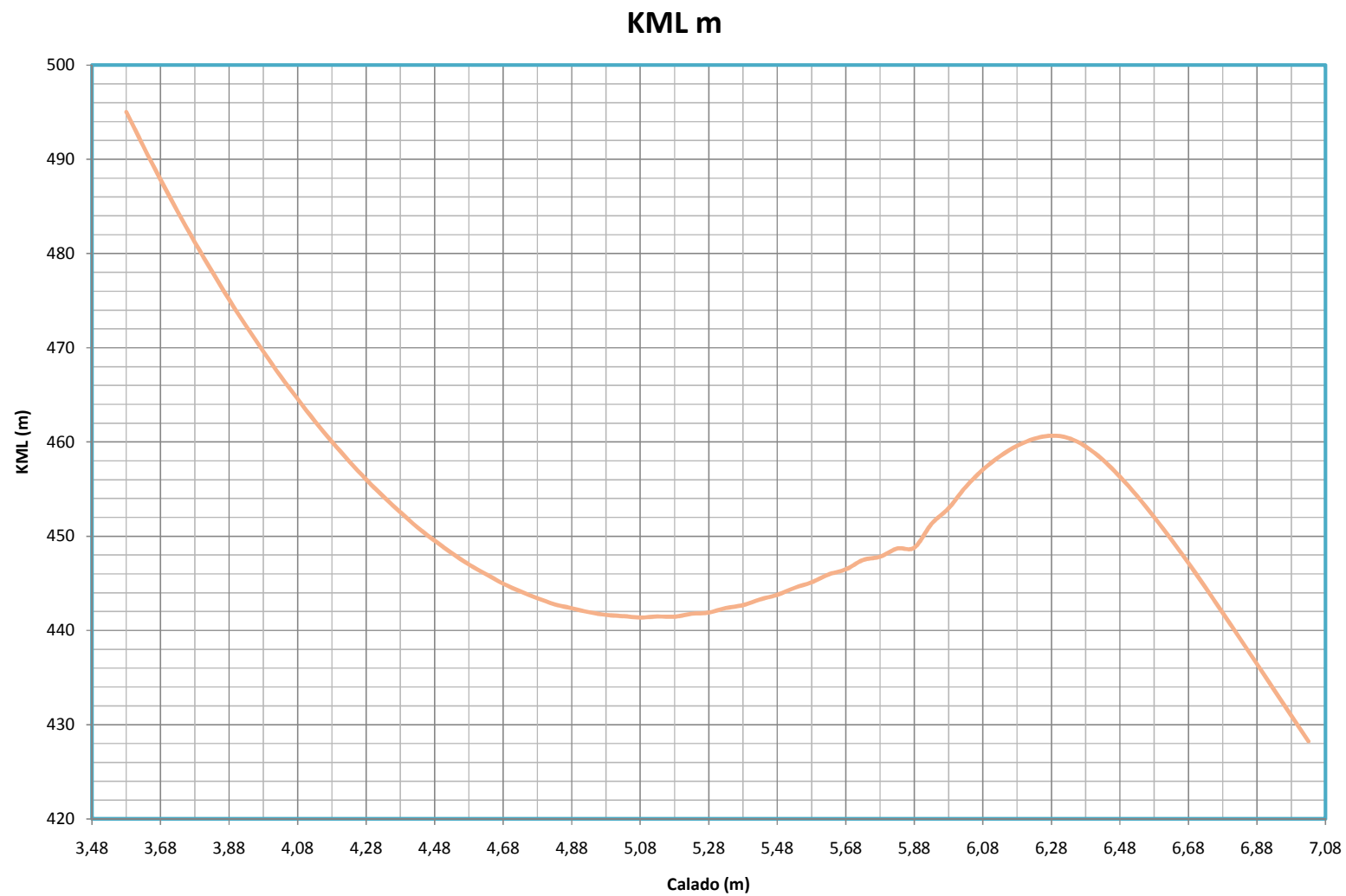


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



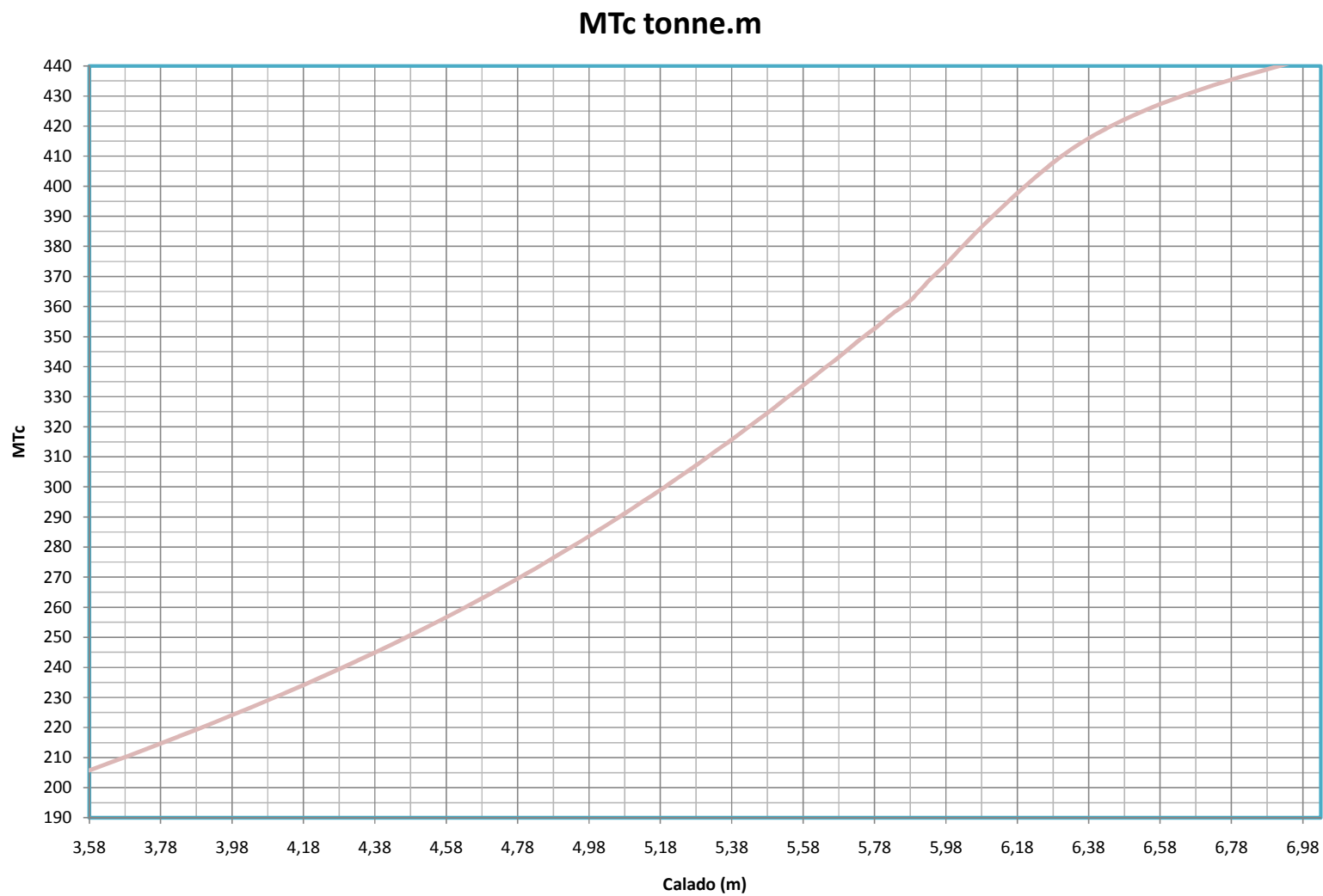


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



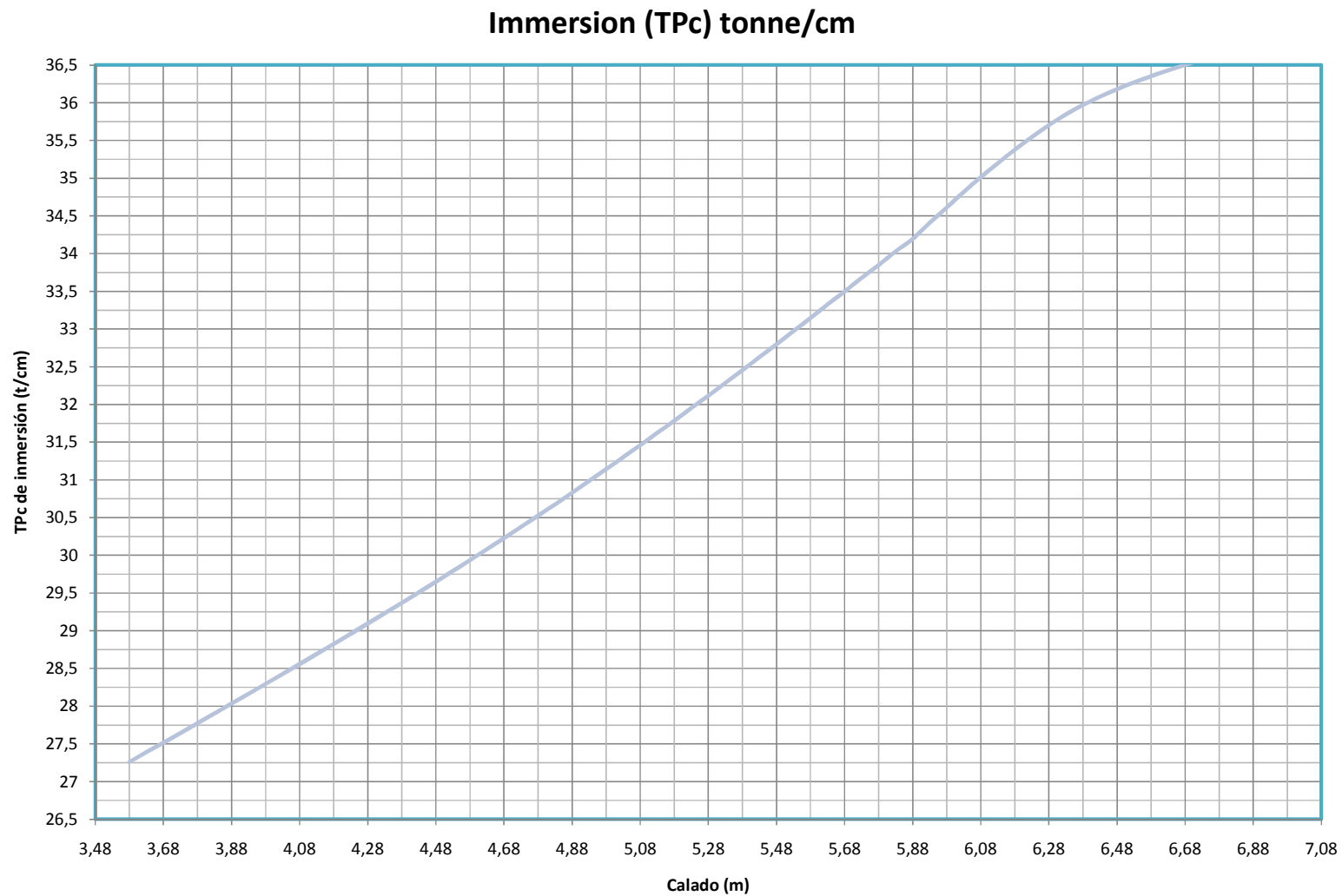


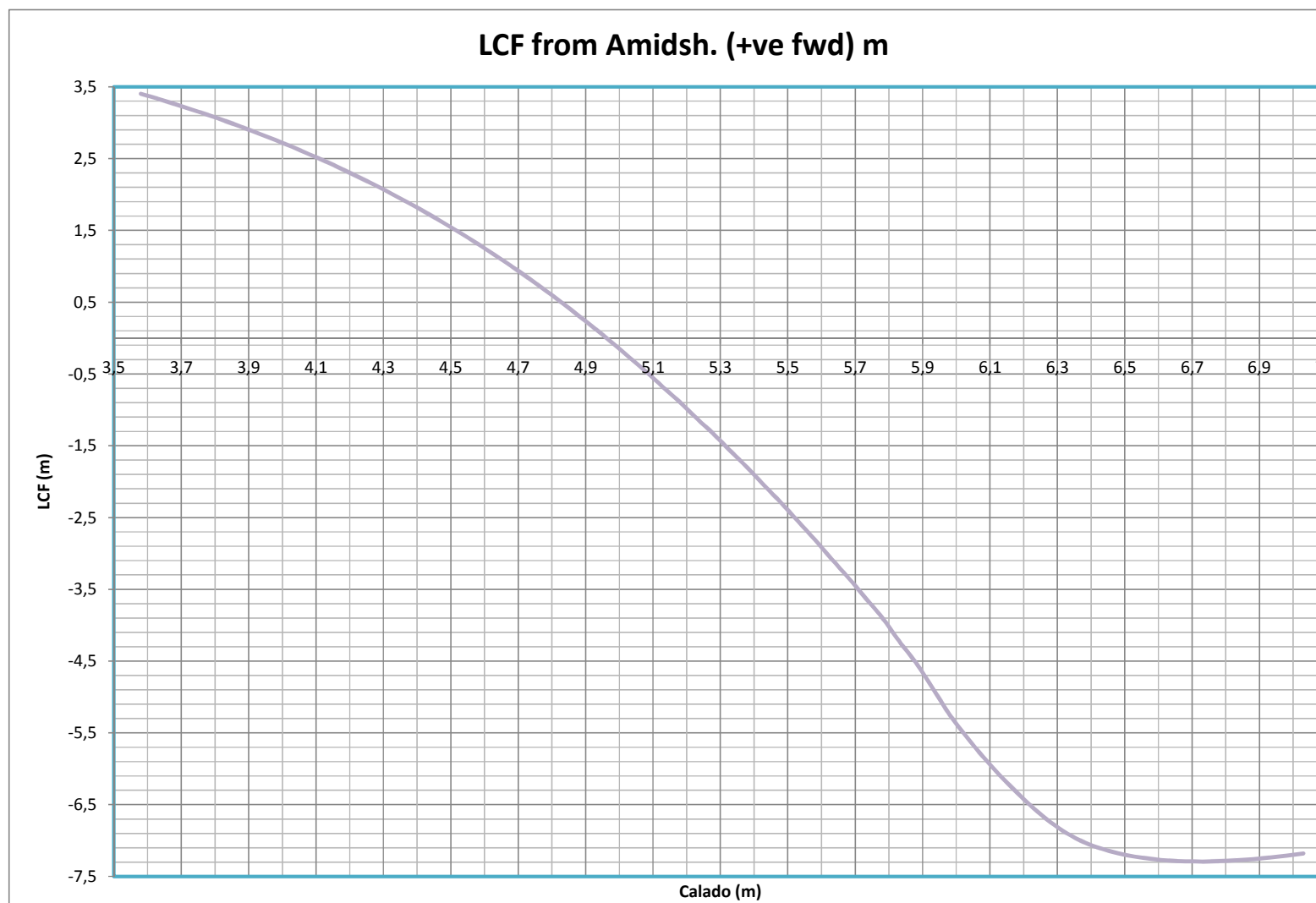
Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009







Buque CON-RO/RO

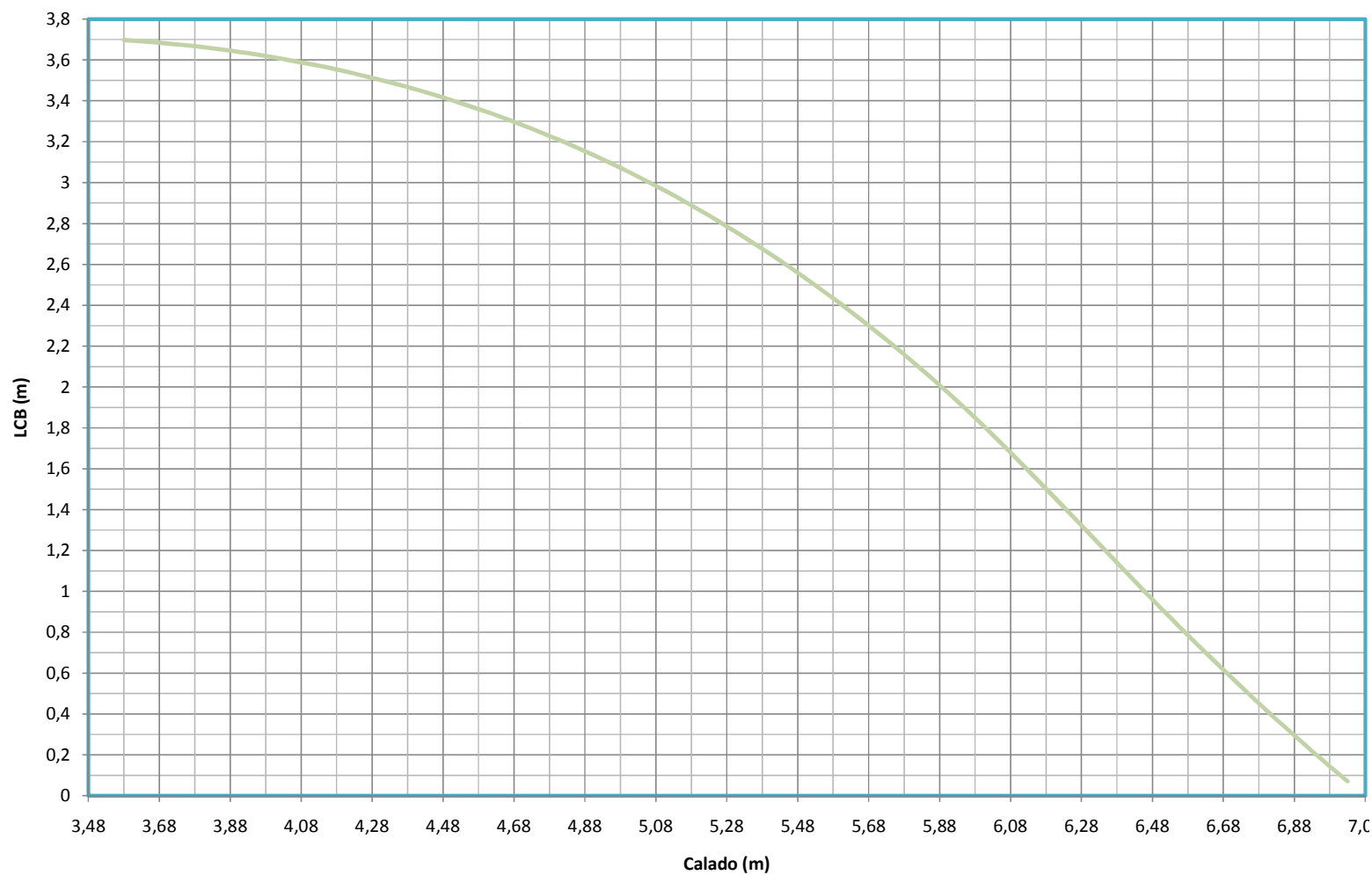
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

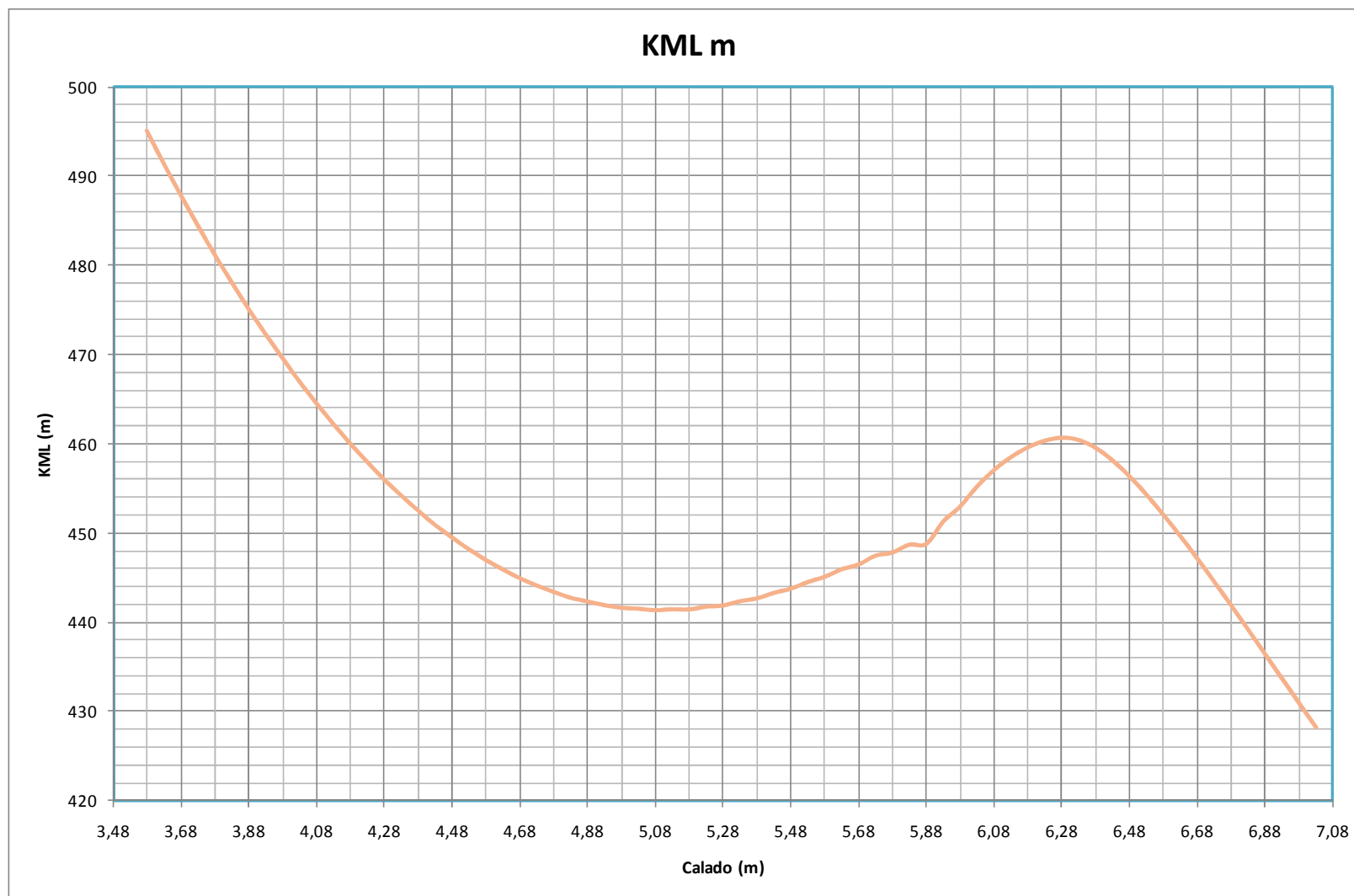
Proyecto nº10 2008-2009



### LCB from Amidsh. (+ve fwd) m







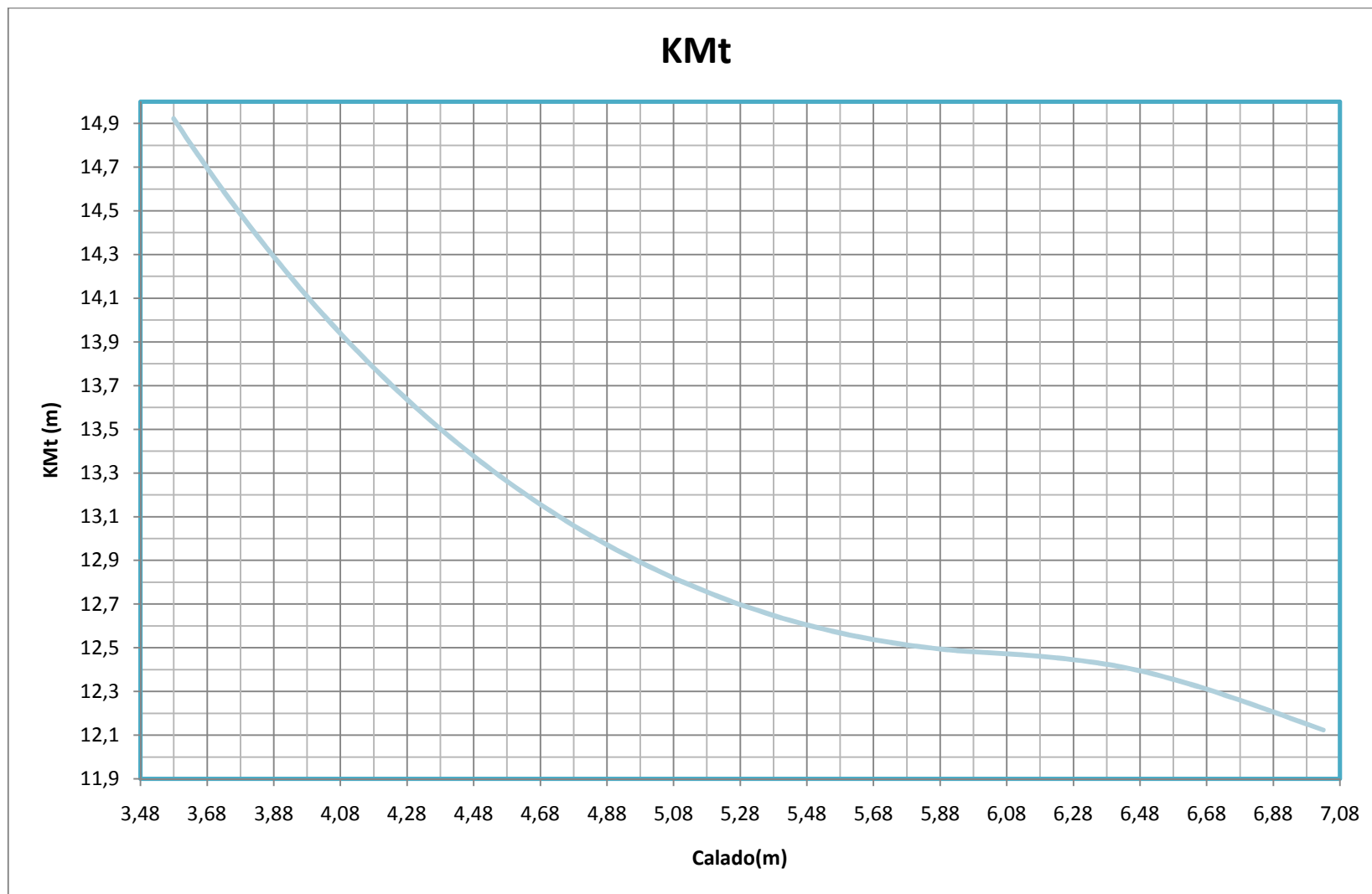


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009





Buque CON-RO/RO

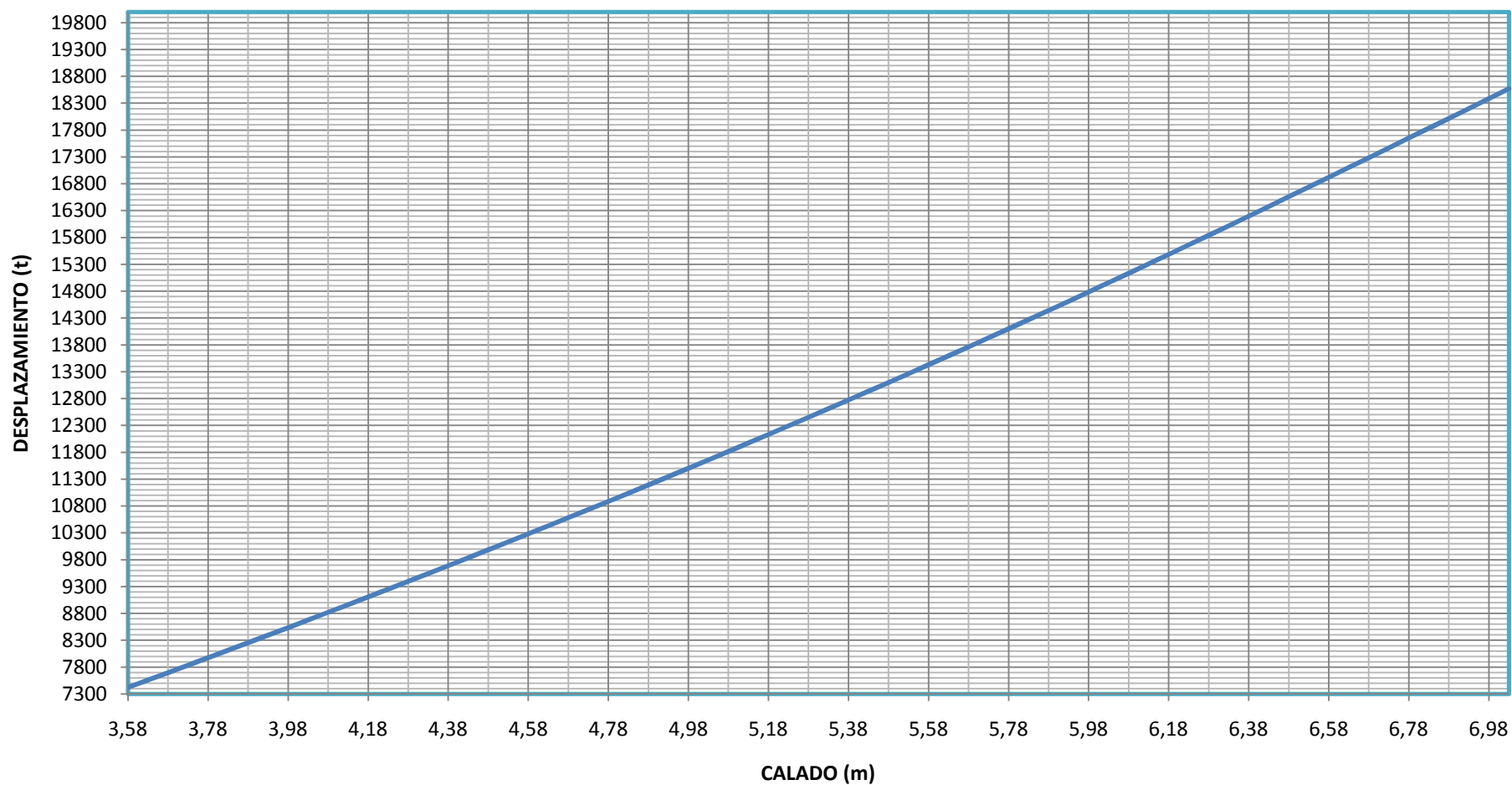
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## DESPLAZAMIENTO (t) - CA4 2008-2009





Buque CON-RO/RO

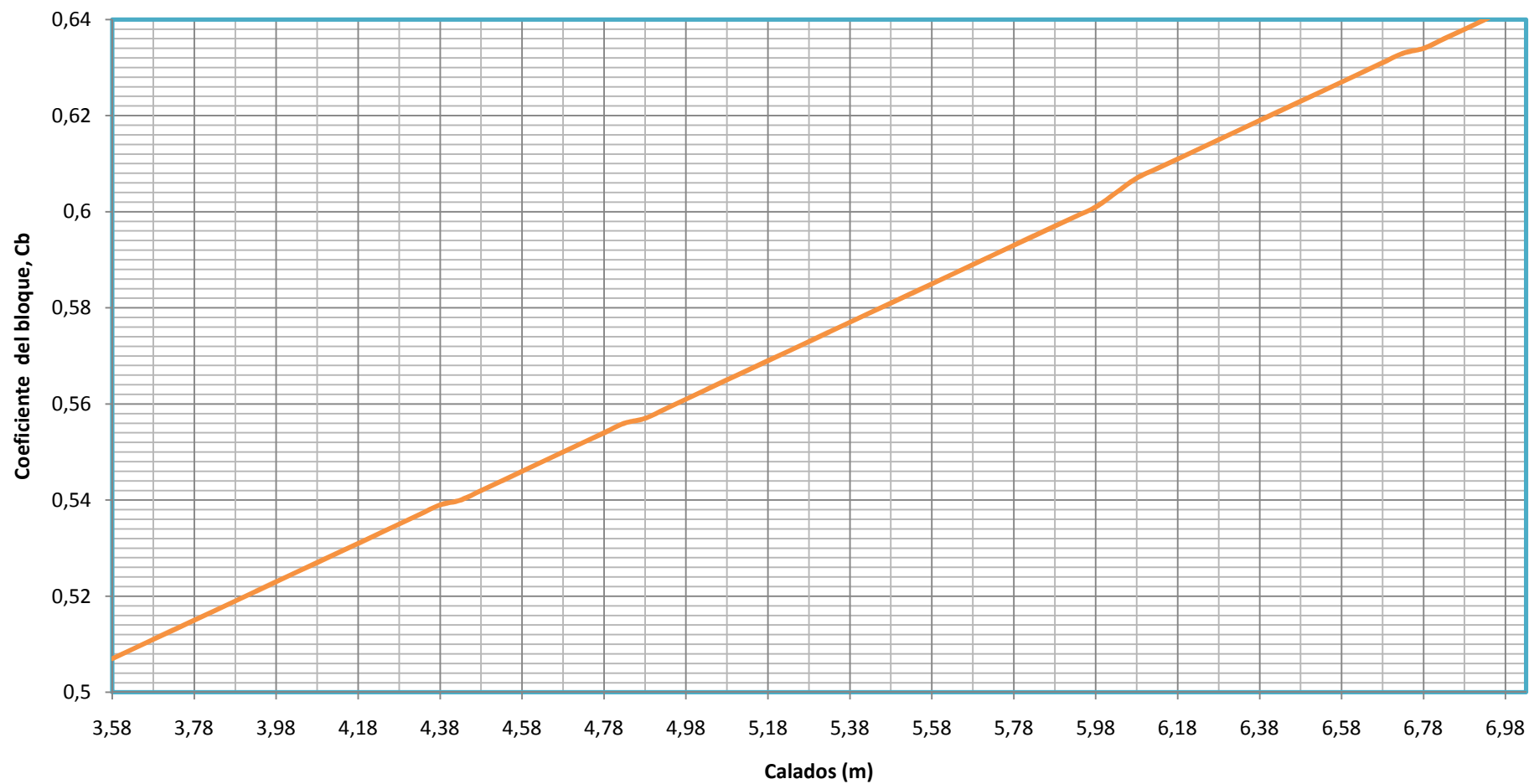
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## Block Coeff.





UPM - ETSIN

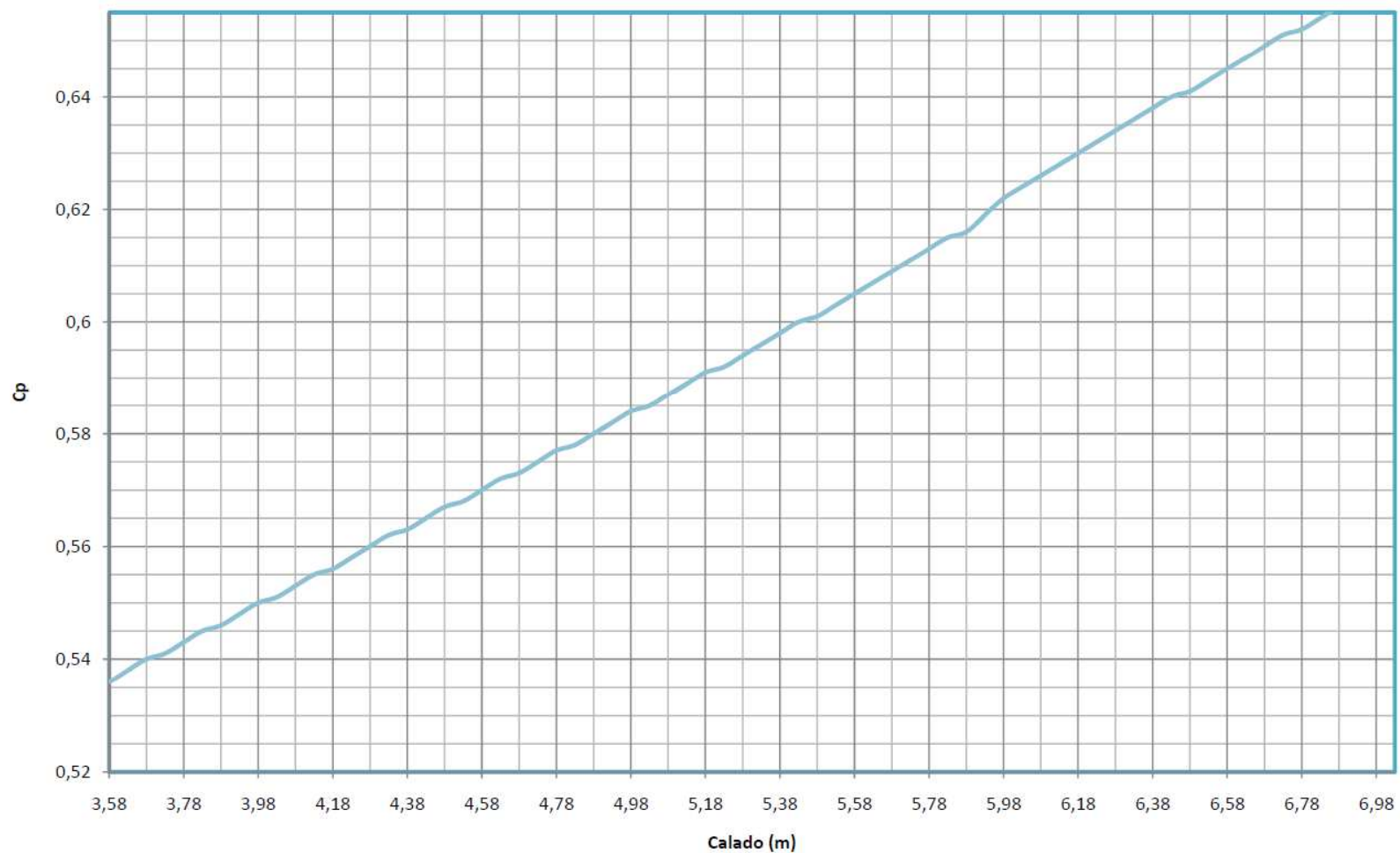
Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

Proyecto nº10 2008-2009



### Prismatic Coeff.-CA4 2008-2009





Buque CON-RO/RO

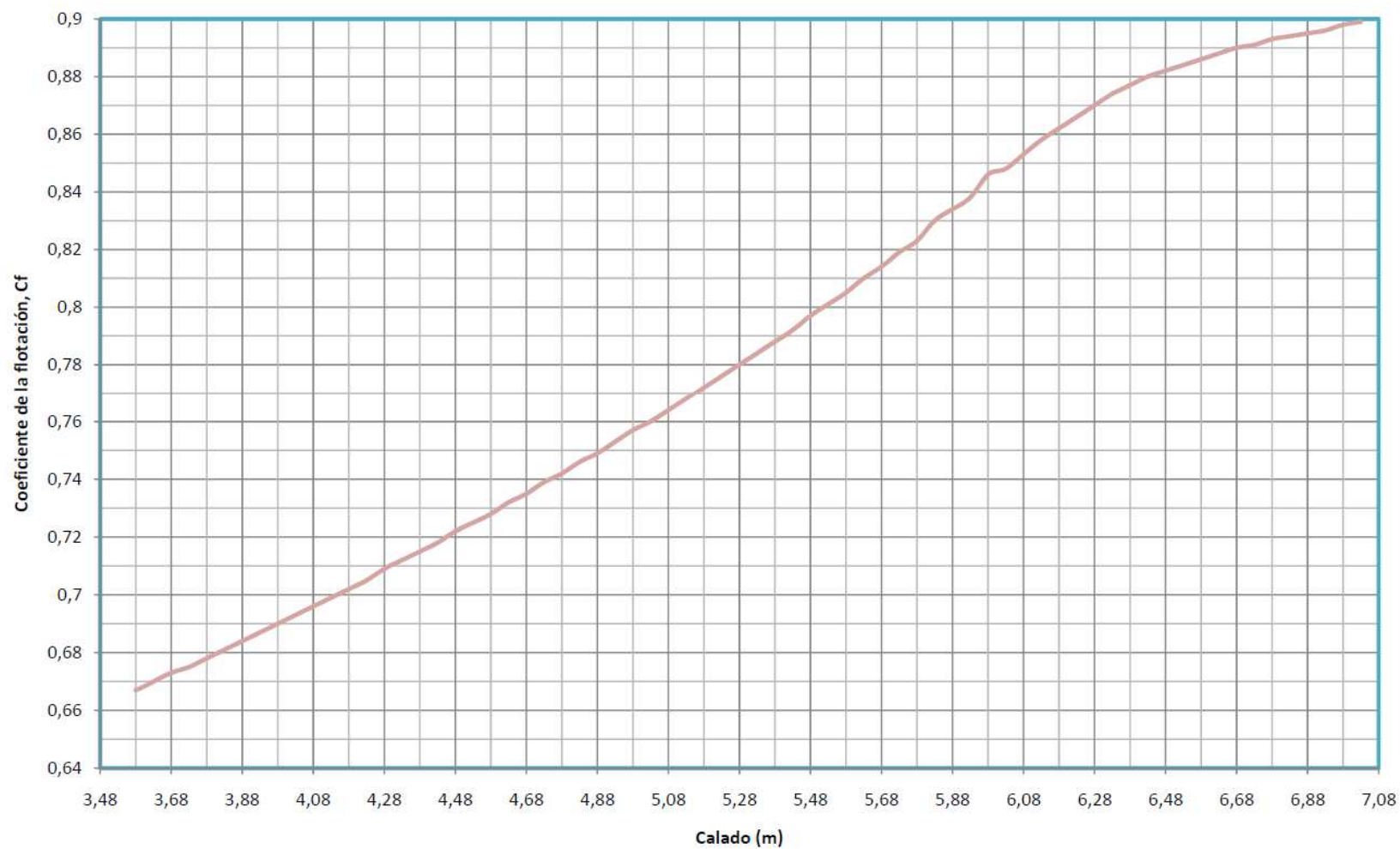
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



### Coeficiente de la flotación - CA4 2008-2009





### 3 Carenas inclinadas.

A continuación se recogen las curvas ISOCLINAS o curvas KN en función del desplazamiento y de los ángulos de escora.

Estos curvas nos permitirán conocer el brazo adrizante GZ para cualquier situación de carga, definida esta por el KG de la misma;

$$GZ = KN - KG \cdot \sin \theta$$

Los resultados son presentados para diferentes trimados, tanto en tabla como gráficamente.



KN - TRIMADO = 0m

		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,518	1,035	1,551	2,062	2,568	3,796	4,911	6,624	7,903	8,919	9,584
	7811	0	0,509	1,017	1,524	2,028	2,527	3,745	4,863	6,593	7,887	8,929	9,599
	8122	0	0,501	1,001	1,499	1,996	2,489	3,697	4,818	6,564	7,874	8,938	9,609
	8432	0	0,493	0,986	1,477	1,967	2,455	3,653	4,774	6,537	7,861	8,947	9,617
	8743	0	0,486	0,971	1,456	1,94	2,423	3,613	4,733	6,511	7,85	8,955	9,62
	9054	0	0,479	0,959	1,437	1,916	2,394	3,575	4,694	6,486	7,84	8,962	9,619
	9365	0	0,473	0,947	1,42	1,893	2,367	3,54	4,656	6,462	7,831	8,968	9,615
	9675	0	0,468	0,936	1,404	1,873	2,343	3,508	4,621	6,44	7,822	8,973	9,608
	9986	0	0,463	0,926	1,39	1,855	2,32	3,478	4,587	6,418	7,815	8,976	9,599
	10297	0	0,458	0,917	1,377	1,838	2,3	3,451	4,555	6,398	7,808	8,979	9,588
	10608	0	0,454	0,909	1,365	1,823	2,281	3,425	4,524	6,378	7,802	8,966	9,577
	10918	0	0,45	0,902	1,354	1,809	2,264	3,401	4,495	6,359	7,797	8,965	9,564
	11229	0	0,447	0,895	1,345	1,796	2,249	3,378	4,468	6,341	7,792	8,963	9,55
	11540	0	0,444	0,889	1,336	1,785	2,235	3,357	4,441	6,324	7,789	8,959	9,536
	11851	0	0,442	0,884	1,329	1,775	2,223	3,337	4,417	6,308	7,785	8,953	9,521
	12161	0	0,439	0,88	1,322	1,766	2,211	3,318	4,393	6,292	7,782	8,946	9,505
	12472	0	0,437	0,876	1,316	1,758	2,201	3,301	4,37	6,276	7,78	8,938	9,488
	12783	0	0,436	0,873	1,311	1,751	2,191	3,284	4,349	6,261	7,778	8,929	9,471
	13094	0	0,435	0,87	1,307	1,745	2,182	3,268	4,329	6,246	7,777	8,919	9,454
	13404	0	0,433	0,868	1,303	1,739	2,174	3,253	4,309	6,232	7,776	8,907	9,436
	13715	0	0,433	0,866	1,3	1,733	2,166	3,239	4,291	6,218	7,775	8,895	9,417
	14026	0	0,432	0,864	1,297	1,728	2,159	3,226	4,273	6,205	7,774	8,882	9,399
	14337	0	0,431	0,863	1,294	1,724	2,152	3,213	4,257	6,192	7,773	8,868	9,379
	14648	0	0,431	0,862	1,291	1,719	2,145	3,201	4,241	6,179	7,772	8,853	9,36
	14958	0	0,431	0,861	1,289	1,715	2,139	3,19	4,226	6,167	7,77	8,837	9,316
	15269	0	0,431	0,86	1,286	1,71	2,132	3,179	4,211	6,155	7,768	8,821	9,293
	15580	0	0,43	0,858	1,284	1,706	2,126	3,168	4,197	6,143	7,766	8,804	9,27
	15891	0	0,43	0,857	1,281	1,702	2,12	3,158	4,184	6,132	7,763	8,787	9,245
	16201	0	0,429	0,855	1,278	1,698	2,115	3,149	4,171	6,121	7,759	8,768	9,221
	16512	0	0,428	0,853	1,275	1,693	2,109	3,139	4,158	6,111	7,753	8,75	9,196
	16823	0	0,427	0,851	1,272	1,689	2,103	3,13	4,146	6,1	7,747	8,73	9,171
	17134	0	0,425	0,848	1,268	1,684	2,097	3,121	4,135	6,09	7,739	8,71	9,145





KN -TRIMADO = 0,10 m

		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,518	1,036	1,552	2,064	2,571	3,807	4,945	6,717	8,033	9,079	9,716
	7811	0	0,509	1,018	1,525	2,029	2,53	3,757	4,899	6,684	8,014	9,091	9,736
	8122	0	0,501	1,001	1,501	1,998	2,493	3,711	4,854	6,654	7,996	9,101	9,751
	8432	0	0,493	0,986	1,478	1,969	2,459	3,668	4,812	6,624	7,979	9,085	9,762
	8743	0	0,486	0,972	1,457	1,942	2,427	3,629	4,772	6,596	7,964	9,091	9,769
	9054	0	0,48	0,959	1,439	1,918	2,399	3,593	4,733	6,569	7,949	9,096	9,772
	9365	0	0,474	0,947	1,421	1,896	2,373	3,56	4,696	6,543	7,936	9,1	9,771
	9675	0	0,468	0,937	1,406	1,877	2,349	3,53	4,661	6,517	7,924	9,104	9,768
	9986	0	0,463	0,927	1,392	1,859	2,327	3,501	4,628	6,493	7,913	9,106	9,762
	10297	0	0,459	0,918	1,379	1,842	2,308	3,475	4,595	6,47	7,902	9,104	9,754
	10608	0	0,455	0,91	1,368	1,827	2,29	3,449	4,564	6,448	7,893	9,101	9,743
	10918	0	0,451	0,903	1,357	1,814	2,274	3,426	4,535	6,426	7,884	9,095	9,731
	11229	0	0,448	0,897	1,348	1,802	2,26	3,403	4,507	6,406	7,876	9,087	9,716
	11540	0	0,445	0,891	1,34	1,792	2,247	3,382	4,48	6,386	7,868	9,077	9,7
	11851	0	0,442	0,886	1,333	1,782	2,235	3,362	4,454	6,366	7,861	9,066	9,682
	12161	0	0,44	0,882	1,326	1,774	2,224	3,343	4,429	6,347	7,855	9,053	9,662
	12472	0	0,438	0,878	1,321	1,767	2,214	3,324	4,405	6,329	7,849	9,039	9,641
	12783	0	0,437	0,875	1,316	1,76	2,204	3,307	4,382	6,311	7,844	9,024	9,582
	13094	0	0,436	0,873	1,312	1,754	2,195	3,29	4,36	6,294	7,839	9,008	9,555
	13404	0	0,435	0,87	1,309	1,748	2,187	3,274	4,339	6,277	7,835	8,991	9,527
	13715	0	0,434	0,869	1,305	1,742	2,178	3,259	4,319	6,26	7,831	8,974	9,498
	14026	0	0,433	0,867	1,302	1,737	2,17	3,244	4,299	6,244	7,827	8,955	9,469
	14337	0	0,433	0,866	1,299	1,732	2,162	3,23	4,281	6,229	7,824	8,936	9,439
	14648	0	0,432	0,865	1,297	1,727	2,155	3,217	4,263	6,213	7,821	8,916	9,409
	14958	0	0,432	0,864	1,294	1,721	2,147	3,204	4,246	6,198	7,819	8,896	9,38
	15269	0	0,432	0,862	1,29	1,716	2,14	3,192	4,229	6,184	7,815	8,875	9,35
	15580	0	0,431	0,861	1,287	1,711	2,133	3,18	4,213	6,17	7,81	8,854	9,321
	15891	0	0,43	0,859	1,284	1,706	2,127	3,169	4,198	6,156	7,803	8,832	9,292
	16201	0	0,429	0,857	1,281	1,701	2,12	3,158	4,184	6,143	7,796	8,81	9,263
	16512	0	0,428	0,854	1,277	1,696	2,113	3,147	4,17	6,13	7,787	8,787	9,234
	16823	0	0,427	0,852	1,273	1,691	2,107	3,137	4,156	6,117	7,777	8,764	9,205
	17134	0	0,426	0,849	1,269	1,686	2,1	3,127	4,143	6,105	7,765	8,741	9,177



		KN - TRIMADO = 0,20 m											
		ANGULOS DE ESCORA (°)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,519	1,037	1,553	2,065	2,573	3,812	4,952	6,725	8,041	9,085	9,719
	7811	0	0,51	1,019	1,526	2,031	2,532	3,762	4,906	6,692	8,021	9,096	9,739
	8122	0	0,501	1,002	1,501	1,999	2,495	3,716	4,861	6,661	8,003	9,107	9,754
	8432	0	0,494	0,987	1,479	1,97	2,461	3,673	4,819	6,631	7,986	9,09	9,764
	8743	0	0,487	0,973	1,458	1,944	2,43	3,635	4,778	6,603	7,97	9,096	9,771
	9054	0	0,48	0,96	1,44	1,92	2,401	3,599	4,74	6,576	7,956	9,101	9,774
	9365	0	0,474	0,948	1,423	1,898	2,375	3,566	4,703	6,549	7,942	9,106	9,774
	9675	0	0,469	0,937	1,407	1,879	2,352	3,535	4,667	6,524	7,93	9,109	9,771
	9986	0	0,464	0,928	1,393	1,861	2,33	3,507	4,633	6,5	7,919	9,111	9,765
	10297	0	0,459	0,919	1,381	1,845	2,311	3,48	4,601	6,476	7,908	9,109	9,756
	10608	0	0,455	0,911	1,369	1,83	2,294	3,455	4,57	6,454	7,898	9,105	9,746
	10918	0	0,451	0,904	1,359	1,817	2,278	3,431	4,54	6,432	7,889	9,099	9,733
	11229	0	0,448	0,898	1,35	1,805	2,264	3,408	4,512	6,411	7,881	9,091	9,719
	11540	0	0,445	0,893	1,342	1,795	2,251	3,387	4,484	6,391	7,873	9,081	9,703
	11851	0	0,443	0,888	1,335	1,786	2,239	3,367	4,458	6,371	7,866	9,07	9,685
	12161	0	0,441	0,884	1,329	1,778	2,228	3,347	4,433	6,352	7,86	9,057	9,665
	12472	0	0,439	0,88	1,324	1,77	2,218	3,329	4,409	6,333	7,854	9,043	9,61
	12783	0	0,438	0,877	1,319	1,764	2,208	3,311	4,386	6,316	7,848	9,028	9,585
	13094	0	0,437	0,875	1,315	1,757	2,199	3,294	4,364	6,298	7,843	9,012	9,558
	13404	0	0,436	0,873	1,311	1,751	2,19	3,278	4,343	6,281	7,839	8,995	9,53
	13715	0	0,435	0,871	1,308	1,746	2,182	3,263	4,322	6,264	7,835	8,977	9,501
	14026	0	0,434	0,869	1,305	1,74	2,173	3,248	4,303	6,248	7,831	8,958	9,471
	14337	0	0,434	0,868	1,302	1,735	2,165	3,234	4,284	6,232	7,828	8,939	9,441
	14648	0	0,434	0,867	1,299	1,729	2,158	3,22	4,266	6,217	7,825	8,919	9,412
	14958	0	0,433	0,865	1,296	1,724	2,15	3,207	4,248	6,202	7,822	8,899	9,382
	15269	0	0,433	0,864	1,293	1,719	2,143	3,194	4,232	6,187	7,818	8,878	9,352
	15580	0	0,432	0,862	1,289	1,714	2,136	3,182	4,216	6,173	7,813	8,856	9,323
	15891	0	0,431	0,86	1,286	1,708	2,129	3,171	4,201	6,159	7,806	8,834	9,294
	16201	0	0,43	0,858	1,282	1,703	2,122	3,16	4,186	6,145	7,798	8,812	9,265
	16512	0	0,429	0,855	1,278	1,698	2,115	3,149	4,172	6,132	7,789	8,789	9,236
	16823	0	0,427	0,853	1,274	1,693	2,108	3,139	4,158	6,12	7,779	8,766	9,207
	17134	0	0,426	0,85	1,27	1,688	2,102	3,129	4,145	6,107	7,768	8,743	9,179



KN - TRIMADO = 0,30 m

ANGULOS DE ESCORA (°)

		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
		0	0,519	1,037	1,553	2,066	2,575	3,816	4,959	6,733	8,048	9,09	9,721
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,519	1,037	1,553	2,066	2,575	3,816	4,959	6,733	8,048	9,09	9,721
	7811	0	0,51	1,019	1,527	2,032	2,534	3,766	4,913	6,7	8,028	9,102	9,741
	8122	0	0,502	1,003	1,502	2,001	2,497	3,72	4,868	6,669	8,01	9,112	9,756
	8432	0	0,494	0,987	1,48	1,972	2,463	3,678	4,825	6,639	7,993	9,095	9,767
	8743	0	0,487	0,973	1,46	1,946	2,432	3,64	4,785	6,61	7,977	9,101	9,773
	9054	0	0,48	0,961	1,441	1,922	2,404	3,604	4,746	6,583	7,962	9,107	9,776
	9365	0	0,474	0,949	1,424	1,901	2,378	3,572	4,709	6,556	7,949	9,111	9,776
	9675	0	0,469	0,938	1,409	1,881	2,355	3,541	4,673	6,531	7,936	9,114	9,773
	9986	0	0,464	0,929	1,395	1,863	2,334	3,512	4,639	6,506	7,925	9,115	9,767
	10297	0	0,46	0,92	1,382	1,847	2,315	3,485	4,607	6,482	7,914	9,114	9,759
	10608	0	0,456	0,912	1,371	1,833	2,297	3,46	4,576	6,46	7,904	9,11	9,748
	10918	0	0,452	0,905	1,361	1,82	2,282	3,436	4,546	6,438	7,895	9,103	9,736
	11229	0	0,449	0,899	1,352	1,808	2,268	3,413	4,517	6,416	7,886	9,095	9,721
	11540	0	0,446	0,894	1,344	1,798	2,255	3,392	4,489	6,396	7,879	9,085	9,705
	11851	0	0,444	0,889	1,338	1,789	2,243	3,371	4,463	6,376	7,871	9,073	9,687
	12161	0	0,442	0,885	1,332	1,781	2,232	3,352	4,438	6,357	7,865	9,061	9,667
	12472	0	0,44	0,882	1,326	1,774	2,222	3,333	4,414	6,338	7,859	9,046	9,612
	12783	0	0,439	0,879	1,322	1,767	2,212	3,315	4,39	6,32	7,853	9,031	9,587
	13094	0	0,438	0,877	1,318	1,761	2,203	3,298	4,368	6,302	7,848	9,015	9,56
	13404	0	0,437	0,875	1,314	1,755	2,194	3,282	4,346	6,285	7,843	8,998	9,532
	13715	0	0,436	0,873	1,311	1,749	2,185	3,266	4,326	6,268	7,839	8,98	9,503
	14026	0	0,435	0,872	1,308	1,743	2,176	3,251	4,306	6,252	7,835	8,961	9,473
	14337	0	0,435	0,87	1,305	1,737	2,168	3,237	4,287	6,236	7,832	8,942	9,443
	14648	0	0,435	0,869	1,301	1,732	2,16	3,223	4,269	6,22	7,829	8,922	9,414
	14958	0	0,434	0,867	1,298	1,726	2,153	3,21	4,251	6,205	7,825	8,901	9,384
	15269	0	0,434	0,865	1,295	1,721	2,145	3,197	4,235	6,19	7,821	8,88	9,354
	15580	0	0,433	0,863	1,291	1,716	2,138	3,185	4,219	6,176	7,816	8,858	9,325
	15891	0	0,432	0,861	1,287	1,71	2,131	3,173	4,203	6,162	7,809	8,836	9,296
	16201	0	0,431	0,859	1,283	1,705	2,124	3,162	4,188	6,148	7,801	8,814	9,266
	16512	0	0,429	0,856	1,279	1,7	2,117	3,151	4,174	6,135	7,792	8,791	9,237
	16823	0	0,428	0,853	1,275	1,694	2,11	3,14	4,16	6,122	7,781	8,768	9,209
	17134	0	0,426	0,85	1,271	1,689	2,103	3,13	4,147	6,11	7,77	8,745	9,18



		KN - TRIMADO = 0,40 m											
		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,519	1,038	1,554	2,068	2,577	3,82	4,967	6,741	8,056	9,096	9,724
	7811	0	0,51	1,02	1,528	2,034	2,537	3,771	4,92	6,708	8,036	9,108	9,744
	8122	0	0,502	1,003	1,503	2,002	2,5	3,725	4,875	6,677	8,017	9,092	9,759
	8432	0	0,494	0,988	1,481	1,974	2,466	3,684	4,832	6,647	8	9,1	9,769
	8743	0	0,487	0,974	1,461	1,948	2,435	3,645	4,792	6,618	7,984	9,106	9,776
	9054	0	0,481	0,961	1,442	1,924	2,407	3,61	4,753	6,59	7,969	9,112	9,779
	9365	0	0,475	0,95	1,426	1,903	2,381	3,577	4,715	6,563	7,955	9,116	9,778
	9675	0	0,469	0,939	1,41	1,883	2,358	3,547	4,68	6,537	7,943	9,119	9,775
	9986	0	0,465	0,93	1,397	1,866	2,337	3,518	4,645	6,512	7,931	9,12	9,769
	10297	0	0,46	0,921	1,384	1,85	2,318	3,491	4,613	6,488	7,92	9,118	9,761
	10608	0	0,456	0,914	1,373	1,836	2,301	3,465	4,581	6,465	7,91	9,114	9,751
	10918	0	0,453	0,907	1,363	1,823	2,286	3,441	4,551	6,443	7,901	9,108	9,738
	11229	0	0,45	0,901	1,355	1,812	2,272	3,418	4,522	6,422	7,892	9,099	9,723
	11540	0	0,447	0,896	1,347	1,802	2,26	3,397	4,494	6,401	7,884	9,089	9,707
	11851	0	0,445	0,891	1,34	1,793	2,248	3,376	4,468	6,381	7,877	9,077	9,689
	12161	0	0,443	0,887	1,334	1,785	2,237	3,356	4,442	6,362	7,87	9,064	9,67
	12472	0	0,441	0,884	1,329	1,778	2,226	3,337	4,418	6,343	7,864	9,05	9,614
	12783	0	0,44	0,881	1,325	1,771	2,216	3,319	4,395	6,324	7,858	9,034	9,589
	13094	0	0,439	0,879	1,321	1,764	2,206	3,302	4,372	6,306	7,853	9,018	9,562
	13404	0	0,438	0,877	1,317	1,758	2,197	3,286	4,35	6,289	7,848	9,001	9,534
	13715	0	0,437	0,875	1,314	1,752	2,188	3,27	4,33	6,272	7,843	8,983	9,505
	14026	0	0,437	0,874	1,311	1,746	2,18	3,255	4,31	6,256	7,84	8,964	9,475
	14337	0	0,436	0,872	1,307	1,74	2,171	3,24	4,291	6,239	7,836	8,944	9,446
	14648	0	0,436	0,871	1,304	1,735	2,163	3,226	4,272	6,224	7,833	8,924	9,416
	14958	0	0,435	0,869	1,3	1,729	2,155	3,213	4,254	6,208	7,829	8,904	9,386
	15269	0	0,435	0,867	1,297	1,723	2,148	3,2	4,237	6,193	7,824	8,882	9,356
	15580	0	0,434	0,865	1,293	1,718	2,14	3,187	4,221	6,179	7,819	8,861	9,327
	15891	0	0,432	0,862	1,289	1,712	2,133	3,175	4,206	6,165	7,812	8,839	9,297
	16201	0	0,431	0,86	1,285	1,707	2,126	3,164	4,191	6,151	7,803	8,816	9,268
	16512	0	0,43	0,857	1,281	1,701	2,118	3,153	4,176	6,138	7,794	8,793	9,239
	16823	0	0,428	0,854	1,276	1,695	2,111	3,142	4,162	6,125	7,783	8,77	9,21
	17134	0	0,426	0,851	1,272	1,69	2,105	3,132	4,149	6,112	7,772	8,746	9,182



		KN - TRIMADO = 0,50 m											
		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,52	1,038	1,555	2,069	2,579	3,825	4,974	6,749	8,063	9,101	9,726
	7811	0	0,511	1,02	1,529	2,035	2,539	3,776	4,927	6,716	8,043	9,113	9,746
	8122	0	0,502	1,004	1,504	2,004	2,502	3,731	4,882	6,684	8,024	9,097	9,761
	8432	0	0,495	0,989	1,482	1,976	2,468	3,689	4,84	6,654	8,007	9,105	9,771
	8743	0	0,488	0,975	1,462	1,95	2,438	3,651	4,798	6,625	7,991	9,111	9,778
	9054	0	0,481	0,962	1,444	1,926	2,41	3,616	4,759	6,597	7,976	9,117	9,781
	9365	0	0,475	0,951	1,427	1,905	2,385	3,583	4,722	6,57	7,962	9,121	9,78
	9675	0	0,47	0,94	1,412	1,886	2,362	3,553	4,686	6,544	7,949	9,124	9,777
	9986	0	0,465	0,931	1,398	1,868	2,341	3,524	4,651	6,519	7,937	9,124	9,771
	10297	0	0,461	0,922	1,386	1,853	2,322	3,497	4,618	6,494	7,926	9,123	9,763
	10608	0	0,457	0,915	1,375	1,839	2,306	3,471	4,587	6,471	7,916	9,118	9,753
	10918	0	0,453	0,908	1,366	1,826	2,291	3,447	4,556	6,449	7,906	9,112	9,74
	11229	0	0,45	0,902	1,357	1,815	2,277	3,423	4,527	6,427	7,897	9,103	9,726
	11540	0	0,448	0,897	1,35	1,805	2,264	3,401	4,499	6,406	7,889	9,093	9,709
	11851	0	0,446	0,893	1,343	1,797	2,252	3,381	4,473	6,386	7,882	9,081	9,691
	12161	0	0,444	0,889	1,337	1,789	2,241	3,361	4,447	6,366	7,875	9,068	9,672
	12472	0	0,442	0,886	1,332	1,781	2,23	3,342	4,422	6,347	7,868	9,053	9,616
	12783	0	0,441	0,883	1,328	1,774	2,22	3,323	4,399	6,329	7,863	9,038	9,591
	13094	0	0,44	0,881	1,324	1,768	2,21	3,306	4,376	6,311	7,857	9,021	9,564
	13404	0	0,439	0,879	1,321	1,761	2,201	3,289	4,354	6,293	7,852	9,004	9,536
	13715	0	0,438	0,878	1,317	1,755	2,192	3,273	4,333	6,276	7,848	8,985	9,507
	14026	0	0,438	0,876	1,313	1,749	2,183	3,258	4,313	6,259	7,844	8,967	9,478
	14337	0	0,437	0,874	1,31	1,743	2,174	3,243	4,294	6,243	7,84	8,947	9,448
	14648	0	0,437	0,873	1,306	1,737	2,166	3,229	4,275	6,227	7,836	8,927	9,418
	14958	0	0,436	0,871	1,302	1,731	2,158	3,215	4,257	6,212	7,832	8,906	9,388
	15269	0	0,435	0,868	1,298	1,725	2,15	3,202	4,24	6,197	7,827	8,885	9,358
	15580	0	0,434	0,866	1,294	1,72	2,142	3,19	4,224	6,182	7,821	8,863	9,328
	15891	0	0,433	0,863	1,29	1,714	2,135	3,178	4,208	6,168	7,814	8,841	9,299
	16201	0	0,431	0,861	1,286	1,708	2,127	3,166	4,193	6,154	7,806	8,818	9,27
	16512	0	0,43	0,858	1,282	1,702	2,12	3,155	4,178	6,14	7,796	8,795	9,241
	16823	0	0,428	0,854	1,277	1,697	2,113	3,144	4,164	6,127	7,786	8,772	9,212
	17134	0	0,426	0,851	1,273	1,691	2,106	3,134	4,151	6,115	7,774	8,748	9,183



		KN - TRIMADO = 0,60 m											
		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,52	1,039	1,556	2,071	2,581	3,83	4,982	6,758	8,071	9,107	9,728
	7811	0	0,511	1,021	1,53	2,037	2,541	3,781	4,935	6,724	8,051	9,118	9,748
	8122	0	0,503	1,005	1,506	2,006	2,505	3,736	4,89	6,692	8,032	9,102	9,763
	8432	0	0,495	0,989	1,483	1,977	2,471	3,695	4,847	6,662	8,014	9,109	9,773
	8743	0	0,488	0,976	1,463	1,952	2,441	3,657	4,805	6,632	7,998	9,116	9,78
	9054	0	0,481	0,963	1,445	1,929	2,413	3,622	4,766	6,604	7,983	9,121	9,783
	9365	0	0,476	0,952	1,429	1,907	2,388	3,589	4,728	6,577	7,968	9,126	9,782
	9675	0	0,47	0,941	1,414	1,888	2,365	3,558	4,692	6,55	7,955	9,128	9,779
	9986	0	0,466	0,932	1,4	1,871	2,345	3,53	4,657	6,525	7,943	9,129	9,773
	10297	0	0,461	0,924	1,388	1,856	2,327	3,502	4,624	6,501	7,932	9,127	9,765
	10608	0	0,457	0,916	1,378	1,842	2,31	3,476	4,592	6,477	7,922	9,122	9,755
	10918	0	0,454	0,91	1,368	1,83	2,295	3,452	4,562	6,454	7,912	9,115	9,742
	11229	0	0,451	0,904	1,36	1,819	2,281	3,429	4,533	6,433	7,903	9,107	9,727
	11540	0	0,449	0,899	1,352	1,809	2,268	3,406	4,505	6,412	7,895	9,096	9,711
	11851	0	0,446	0,895	1,346	1,801	2,256	3,385	4,478	6,391	7,887	9,084	9,693
	12161	0	0,445	0,891	1,34	1,793	2,245	3,365	4,452	6,371	7,88	9,071	9,641
	12472	0	0,443	0,888	1,336	1,785	2,234	3,346	4,427	6,352	7,874	9,056	9,617
	12783	0	0,442	0,885	1,331	1,778	2,224	3,327	4,403	6,333	7,868	9,041	9,592
	13094	0	0,441	0,883	1,327	1,771	2,214	3,31	4,38	6,315	7,862	9,024	9,566
	13404	0	0,44	0,881	1,324	1,765	2,204	3,293	4,358	6,297	7,857	9,006	9,538
	13715	0	0,44	0,88	1,32	1,758	2,195	3,277	4,337	6,28	7,852	8,988	9,509
	14026	0	0,439	0,878	1,316	1,752	2,186	3,261	4,317	6,263	7,848	8,969	9,479
	14337	0	0,439	0,876	1,312	1,746	2,177	3,246	4,297	6,247	7,844	8,949	9,45
	14648	0	0,438	0,874	1,308	1,74	2,169	3,232	4,278	6,231	7,84	8,929	9,42
	14958	0	0,437	0,872	1,304	1,734	2,16	3,218	4,26	6,215	7,836	8,908	9,39
	15269	0	0,436	0,87	1,3	1,728	2,152	3,205	4,243	6,2	7,83	8,887	9,36
	15580	0	0,435	0,867	1,296	1,722	2,144	3,192	4,227	6,185	7,824	8,865	9,33
	15891	0	0,433	0,864	1,292	1,716	2,137	3,18	4,211	6,171	7,817	8,843	9,301
	16201	0	0,432	0,861	1,287	1,71	2,129	3,168	4,195	6,157	7,808	8,82	9,271
	16512	0	0,43	0,858	1,283	1,704	2,122	3,157	4,181	6,143	7,799	8,797	9,242
	16823	0	0,428	0,855	1,278	1,698	2,114	3,146	4,166	6,13	7,788	8,774	9,213
	17134	0	0,427	0,851	1,273	1,692	2,107	3,135	4,153	6,117	7,776	8,75	9,185



KN - TRIMADO = 0,70 m

ANGULOS DE ESCORA (°)

		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
		0	0,52	1,04	1,557	2,072	2,584	3,835	4,989	6,766	8,079	9,112	9,73
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,52	1,04	1,557	2,072	2,584	3,835	4,989	6,766	8,079	9,112	9,73
	7811	0	0,511	1,022	1,531	2,038	2,544	3,786	4,942	6,732	8,058	9,124	9,75
	8122	0	0,503	1,005	1,507	2,008	2,507	3,742	4,897	6,7	8,039	9,107	9,765
	8432	0	0,495	0,99	1,485	1,979	2,474	3,701	4,854	6,669	8,021	9,114	9,775
	8743	0	0,488	0,976	1,465	1,954	2,444	3,663	4,812	6,64	8,005	9,12	9,782
	9054	0	0,482	0,964	1,447	1,931	2,417	3,628	4,772	6,611	7,989	9,126	9,784
	9365	0	0,476	0,953	1,43	1,91	2,392	3,595	4,735	6,583	7,975	9,13	9,784
	9675	0	0,471	0,942	1,416	1,891	2,369	3,564	4,698	6,557	7,962	9,133	9,781
	9986	0	0,466	0,933	1,402	1,874	2,349	3,535	4,664	6,531	7,95	9,133	9,775
	10297	0	0,462	0,925	1,39	1,859	2,331	3,508	4,63	6,507	7,938	9,131	9,767
	10608	0	0,458	0,918	1,38	1,845	2,315	3,482	4,598	6,483	7,928	9,126	9,756
	10918	0	0,455	0,911	1,371	1,833	2,3	3,457	4,567	6,46	7,918	9,119	9,744
	11229	0	0,452	0,906	1,362	1,823	2,286	3,434	4,538	6,438	7,909	9,11	9,729
	11540	0	0,449	0,901	1,355	1,813	2,273	3,411	4,51	6,417	7,9	9,1	9,713
	11851	0	0,447	0,897	1,349	1,804	2,261	3,39	4,482	6,396	7,892	9,088	9,695
	12161	0	0,446	0,893	1,344	1,796	2,249	3,37	4,456	6,376	7,885	9,074	9,642
	12472	0	0,444	0,89	1,339	1,789	2,238	3,35	4,431	6,357	7,879	9,059	9,619
	12783	0	0,443	0,888	1,334	1,782	2,228	3,332	4,407	6,338	7,872	9,044	9,594
	13094	0	0,442	0,886	1,33	1,775	2,217	3,314	4,384	6,32	7,867	9,027	9,567
	13404	0	0,442	0,884	1,327	1,768	2,208	3,297	4,362	6,302	7,862	9,009	9,539
	13715	0	0,441	0,882	1,323	1,761	2,198	3,28	4,341	6,284	7,857	8,991	9,511
	14026	0	0,44	0,88	1,319	1,755	2,189	3,265	4,32	6,267	7,853	8,972	9,481
	14337	0	0,44	0,878	1,315	1,748	2,18	3,25	4,301	6,251	7,848	8,952	9,452
	14648	0	0,439	0,876	1,311	1,742	2,171	3,235	4,282	6,234	7,844	8,932	9,422
	14958	0	0,438	0,874	1,306	1,736	2,163	3,221	4,263	6,219	7,839	8,911	9,392
	15269	0	0,437	0,871	1,302	1,73	2,155	3,208	4,246	6,203	7,833	8,889	9,362
	15580	0	0,435	0,868	1,298	1,723	2,147	3,195	4,229	6,188	7,827	8,867	9,332
	15891	0	0,434	0,865	1,293	1,717	2,139	3,182	4,213	6,174	7,819	8,845	9,302
	16201	0	0,432	0,862	1,288	1,711	2,131	3,17	4,198	6,16	7,811	8,822	9,273
	16512	0	0,43	0,859	1,284	1,705	2,123	3,159	4,183	6,146	7,801	8,799	9,244
	16823	0	0,429	0,855	1,279	1,699	2,116	3,148	4,169	6,132	7,79	8,775	9,215
	17134	0	0,427	0,852	1,274	1,693	2,108	3,137	4,155	6,119	7,778	8,752	9,186





		KN - TRIMADO = 0,80 m											
		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,521	1,04	1,558	2,074	2,586	3,84	4,997	6,774	8,086	9,118	9,732
	7811	0	0,512	1,022	1,532	2,04	2,546	3,792	4,95	6,74	8,066	9,125	9,752
	8122	0	0,503	1,006	1,508	2,01	2,51	3,748	4,904	6,708	8,046	9,111	9,767
	8432	0	0,496	0,991	1,486	1,982	2,477	3,707	4,861	6,677	8,028	9,118	9,777
	8743	0	0,489	0,977	1,466	1,956	2,447	3,67	4,819	6,647	8,012	9,125	9,783
	9054	0	0,482	0,965	1,448	1,933	2,42	3,634	4,779	6,618	7,996	9,13	9,786
	9365	0	0,477	0,954	1,432	1,913	2,395	3,601	4,741	6,59	7,982	9,135	9,786
	9675	0	0,471	0,944	1,417	1,894	2,373	3,57	4,705	6,564	7,968	9,137	9,783
	9986	0	0,467	0,934	1,404	1,877	2,353	3,541	4,67	6,538	7,956	9,137	9,777
	10297	0	0,462	0,926	1,393	1,862	2,335	3,514	4,636	6,513	7,944	9,134	9,769
	10608	0	0,459	0,919	1,382	1,849	2,319	3,487	4,604	6,489	7,934	9,13	9,758
	10918	0	0,456	0,913	1,373	1,837	2,304	3,462	4,573	6,466	7,924	9,123	9,745
	11229	0	0,453	0,907	1,365	1,827	2,29	3,439	4,543	6,444	7,914	9,114	9,731
	11540	0	0,45	0,903	1,358	1,817	2,277	3,416	4,515	6,422	7,906	9,103	9,715
	11851	0	0,448	0,899	1,352	1,808	2,265	3,395	4,487	6,401	7,898	9,091	9,697
	12161	0	0,447	0,895	1,347	1,8	2,253	3,374	4,461	6,381	7,891	9,077	9,643
	12472	0	0,445	0,892	1,342	1,793	2,242	3,355	4,436	6,362	7,884	9,062	9,619
	12783	0	0,444	0,89	1,338	1,785	2,231	3,336	4,412	6,343	7,877	9,047	9,595
	13094	0	0,443	0,888	1,334	1,778	2,221	3,318	4,388	6,324	7,872	9,03	9,568
	13404	0	0,443	0,886	1,329	1,771	2,211	3,3	4,366	6,306	7,866	9,012	9,541
	13715	0	0,442	0,884	1,325	1,764	2,201	3,284	4,344	6,288	7,862	8,993	9,512
	14026	0	0,442	0,882	1,321	1,758	2,192	3,268	4,324	6,271	7,857	8,974	9,483
	14337	0	0,441	0,88	1,317	1,751	2,183	3,253	4,304	6,254	7,852	8,954	9,453
	14648	0	0,44	0,878	1,313	1,745	2,174	3,238	4,285	6,238	7,847	8,934	9,424
	14958	0	0,439	0,875	1,308	1,738	2,165	3,224	4,266	6,222	7,842	8,913	9,393
	15269	0	0,438	0,872	1,304	1,732	2,157	3,21	4,249	6,207	7,836	8,891	9,363
	15580	0	0,436	0,869	1,299	1,725	2,149	3,197	4,232	6,191	7,829	8,869	9,334
	15891	0	0,434	0,866	1,294	1,719	2,14	3,185	4,216	6,177	7,822	8,847	9,304
	16201	0	0,432	0,863	1,29	1,713	2,133	3,172	4,2	6,162	7,813	8,824	9,275
	16512	0	0,431	0,859	1,285	1,706	2,125	3,161	4,185	6,149	7,803	8,801	9,245
	16823	0	0,429	0,856	1,28	1,7	2,117	3,15	4,171	6,135	7,792	8,777	9,216
	17134	0	0,427	0,852	1,275	1,694	2,11	3,139	4,157	6,122	7,779	8,753	9,188





KN - TRIMADO = 0,90 m

		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,521	1,041	1,56	2,076	2,589	3,846	5,005	6,782	8,094	9,123	9,734
	7811	0	0,512	1,023	1,533	2,042	2,549	3,798	4,957	6,748	8,073	9,107	9,754
	8122	0	0,504	1,007	1,509	2,012	2,513	3,754	4,912	6,716	8,054	9,116	9,768
	8432	0	0,496	0,992	1,488	1,984	2,48	3,714	4,868	6,684	8,036	9,123	9,779
	8743	0	0,489	0,978	1,468	1,959	2,451	3,676	4,826	6,654	8,019	9,129	9,785
	9054	0	0,483	0,966	1,45	1,936	2,424	3,641	4,786	6,625	8,003	9,135	9,788
	9365	0	0,477	0,955	1,434	1,916	2,399	3,608	4,748	6,597	7,988	9,139	9,787
	9675	0	0,472	0,945	1,42	1,897	2,378	3,577	4,711	6,57	7,975	9,141	9,784
	9986	0	0,467	0,936	1,407	1,881	2,358	3,547	4,676	6,544	7,962	9,14	9,778
	10297	0	0,463	0,928	1,395	1,866	2,34	3,519	4,642	6,519	7,951	9,138	9,77
	10608	0	0,46	0,921	1,385	1,853	2,324	3,493	4,61	6,495	7,94	9,133	9,76
	10918	0	0,456	0,915	1,376	1,841	2,309	3,468	4,578	6,472	7,93	9,126	9,747
	11229	0	0,454	0,909	1,368	1,831	2,295	3,444	4,549	6,449	7,92	9,117	9,733
	11540	0	0,451	0,905	1,361	1,821	2,282	3,421	4,52	6,428	7,911	9,106	9,716
	11851	0	0,449	0,901	1,355	1,813	2,269	3,399	4,492	6,407	7,903	9,094	9,698
	12161	0	0,448	0,898	1,35	1,804	2,258	3,379	4,466	6,386	7,896	9,08	9,644
	12472	0	0,447	0,895	1,345	1,796	2,246	3,359	4,44	6,366	7,889	9,065	9,62
	12783	0	0,446	0,893	1,341	1,789	2,235	3,34	4,416	6,347	7,883	9,049	9,595
	13094	0	0,445	0,891	1,337	1,782	2,225	3,322	4,392	6,328	7,877	9,032	9,569
	13404	0	0,444	0,889	1,332	1,774	2,215	3,304	4,37	6,31	7,871	9,015	9,542
	13715	0	0,444	0,887	1,328	1,767	2,205	3,287	4,348	6,293	7,866	8,996	9,514
	14026	0	0,443	0,885	1,324	1,761	2,195	3,271	4,327	6,275	7,861	8,977	9,485
	14337	0	0,442	0,882	1,319	1,754	2,186	3,256	4,307	6,258	7,856	8,957	9,455
	14648	0	0,441	0,88	1,315	1,747	2,177	3,241	4,288	6,242	7,851	8,936	9,425
	14958	0	0,44	0,877	1,31	1,74	2,168	3,227	4,269	6,226	7,845	8,915	9,395
	15269	0	0,438	0,874	1,305	1,734	2,159	3,213	4,252	6,21	7,839	8,893	9,365
	15580	0	0,436	0,87	1,301	1,727	2,151	3,2	4,235	6,195	7,832	8,871	9,335
	15891	0	0,435	0,867	1,296	1,72	2,142	3,187	4,218	6,18	7,824	8,849	9,306
	16201	0	0,433	0,863	1,291	1,714	2,134	3,175	4,202	6,165	7,815	8,826	9,276
	16512	0	0,431	0,86	1,285	1,707	2,126	3,163	4,187	6,151	7,805	8,802	9,247
	16823	0	0,429	0,856	1,28	1,701	2,118	3,151	4,173	6,138	7,793	8,779	9,218
	17134	0	0,427	0,852	1,275	1,695	2,111	3,14	4,159	6,125	7,781	8,755	9,189



KN - TRIMADO = 1 m

		ANGULOS DE ESCORA (º)											
		0	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60
DESPLAZAMIENTO (t)	7500	0	0,519	1,037	1,553	2,066	2,575	3,816	4,959	6,733	8,048	9,09	9,721
	7811	0	0,51	1,019	1,527	2,032	2,534	3,766	4,913	6,7	8,028	9,102	9,741
	8122	0	0,502	1,003	1,502	2,001	2,497	3,72	4,868	6,669	8,01	9,112	9,756
	8432	0	0,494	0,987	1,48	1,972	2,463	3,678	4,825	6,639	7,993	9,095	9,767
	8743	0	0,487	0,973	1,46	1,946	2,432	3,64	4,785	6,61	7,977	9,101	9,773
	9054	0	0,48	0,961	1,441	1,922	2,404	3,604	4,746	6,583	7,962	9,107	9,776
	9365	0	0,474	0,949	1,424	1,901	2,378	3,572	4,709	6,556	7,949	9,111	9,776
	9675	0	0,469	0,938	1,409	1,881	2,355	3,541	4,673	6,531	7,936	9,114	9,773
	9986	0	0,464	0,929	1,395	1,863	2,334	3,512	4,639	6,506	7,925	9,115	9,767
	10297	0	0,46	0,92	1,382	1,847	2,315	3,485	4,607	6,482	7,914	9,114	9,759
	10608	0	0,456	0,912	1,371	1,833	2,297	3,46	4,576	6,46	7,904	9,11	9,748
	10918	0	0,452	0,905	1,361	1,82	2,282	3,436	4,546	6,438	7,895	9,103	9,736
	11229	0	0,449	0,899	1,352	1,808	2,268	3,413	4,517	6,416	7,886	9,095	9,721
	11540	0	0,446	0,894	1,344	1,798	2,255	3,392	4,489	6,396	7,879	9,085	9,705
	11851	0	0,444	0,889	1,338	1,789	2,243	3,371	4,463	6,376	7,871	9,073	9,687
	12161	0	0,442	0,885	1,332	1,781	2,232	3,352	4,438	6,357	7,865	9,061	9,667
	12472	0	0,44	0,882	1,326	1,774	2,222	3,333	4,414	6,338	7,859	9,046	9,612
	12783	0	0,439	0,879	1,322	1,767	2,212	3,315	4,39	6,32	7,853	9,031	9,587
	13094	0	0,438	0,877	1,318	1,761	2,203	3,298	4,368	6,302	7,848	9,015	9,56
	13404	0	0,437	0,875	1,314	1,755	2,194	3,282	4,346	6,285	7,843	8,998	9,532
	13715	0	0,436	0,873	1,311	1,749	2,185	3,266	4,326	6,268	7,839	8,98	9,503
	14026	0	0,435	0,872	1,308	1,743	2,176	3,251	4,306	6,252	7,835	8,961	9,473
	14337	0	0,435	0,87	1,305	1,737	2,168	3,237	4,287	6,236	7,832	8,942	9,443
	14648	0	0,435	0,869	1,301	1,732	2,16	3,223	4,269	6,22	7,829	8,922	9,414
	14958	0	0,434	0,867	1,298	1,726	2,153	3,21	4,251	6,205	7,825	8,901	9,384
	15269	0	0,434	0,865	1,295	1,721	2,145	3,197	4,235	6,19	7,821	8,88	9,354
	15580	0	0,433	0,863	1,291	1,716	2,138	3,185	4,219	6,176	7,816	8,858	9,325
	15891	0	0,432	0,861	1,287	1,71	2,131	3,173	4,203	6,162	7,809	8,836	9,296
	16201	0	0,431	0,859	1,283	1,705	2,124	3,162	4,188	6,148	7,801	8,814	9,266
	16512	0	0,429	0,856	1,279	1,7	2,117	3,151	4,174	6,135	7,792	8,791	9,237
	16823	0	0,428	0,853	1,275	1,694	2,11	3,14	4,16	6,122	7,781	8,768	9,209
	17134	0	0,426	0,85	1,271	1,689	2,103	3,13	4,147	6,11	7,77	8,745	9,18



Buque CON-RO/RO

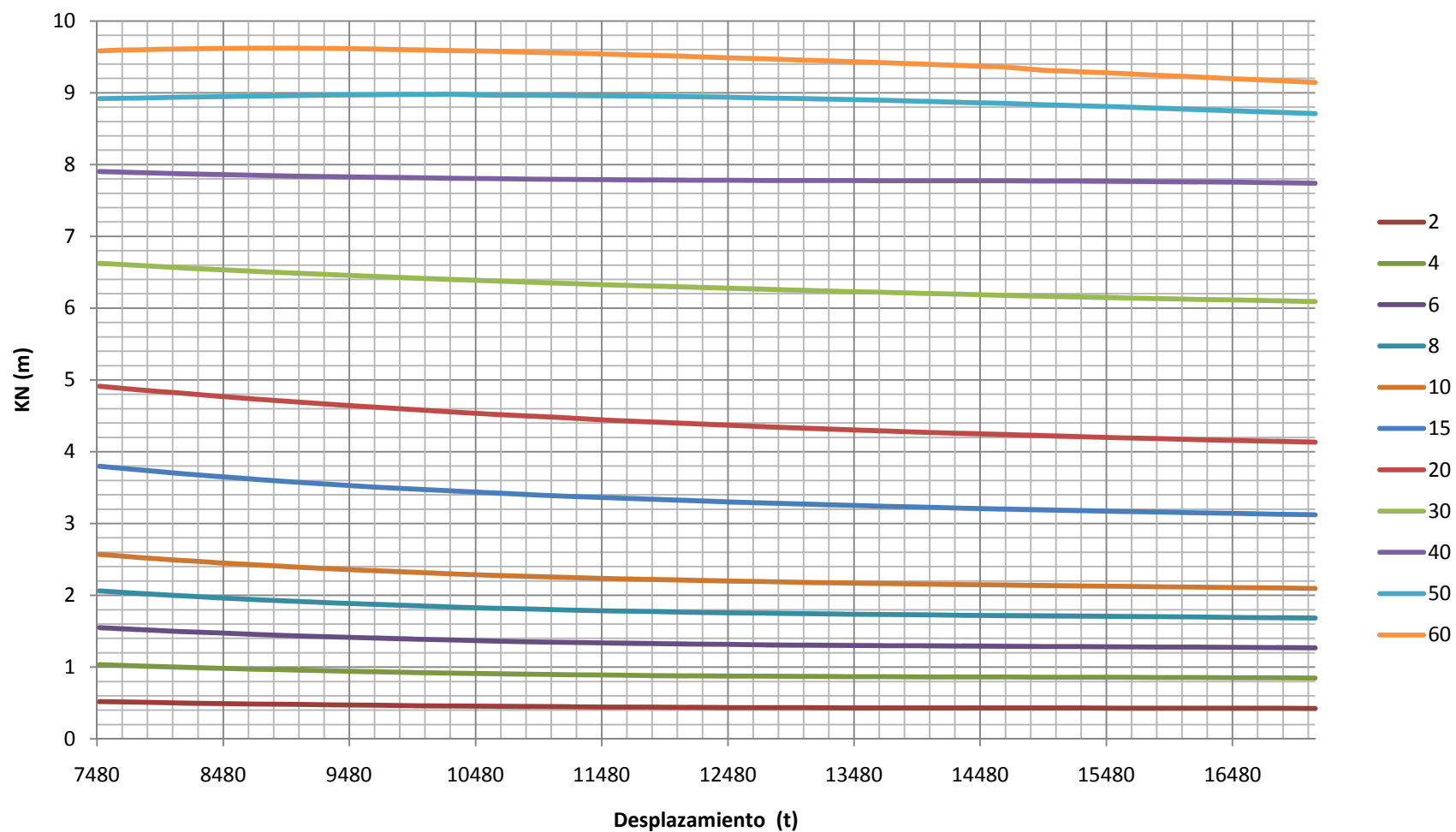
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## Curvas KN - Trimado 0



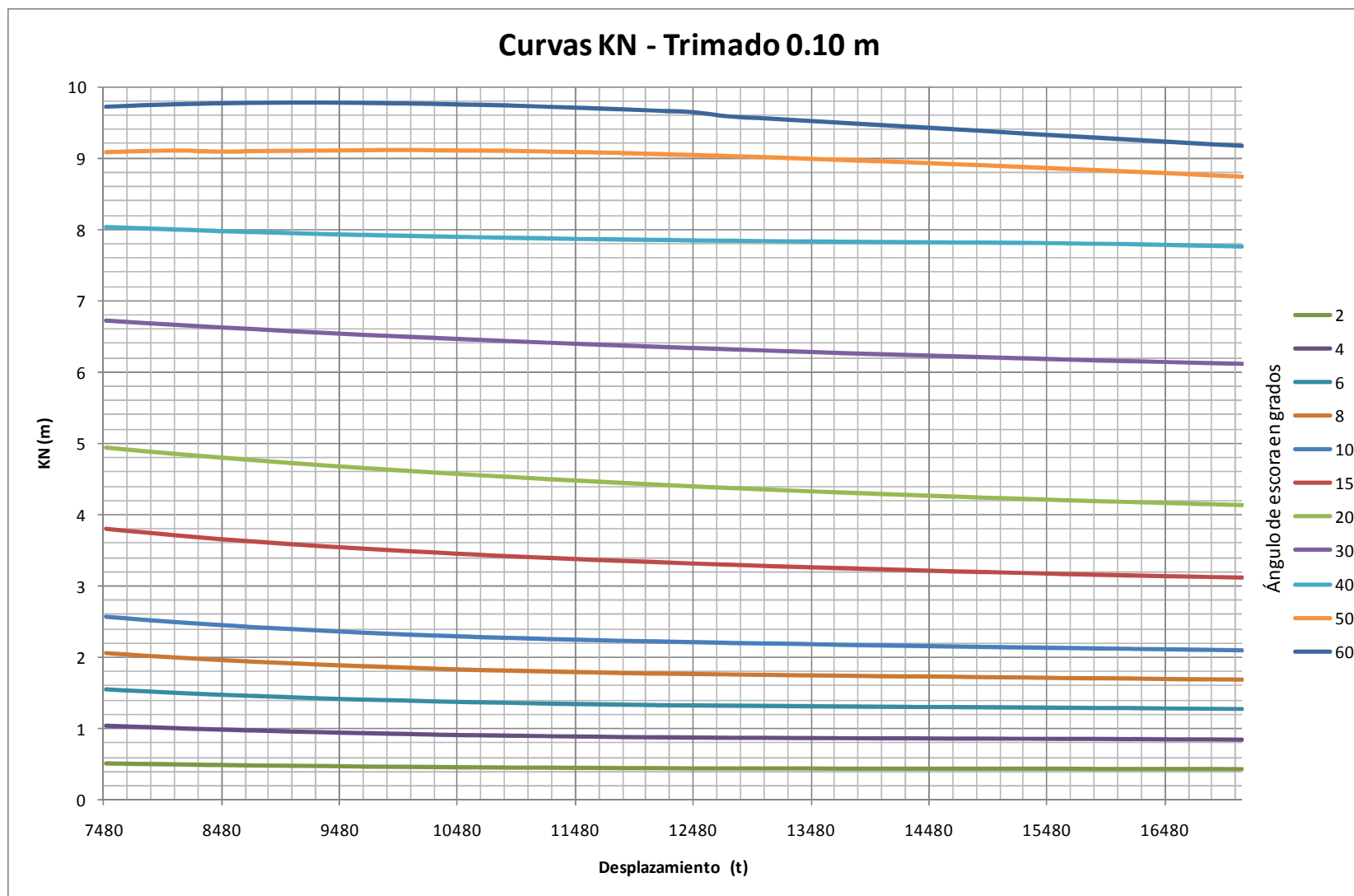


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



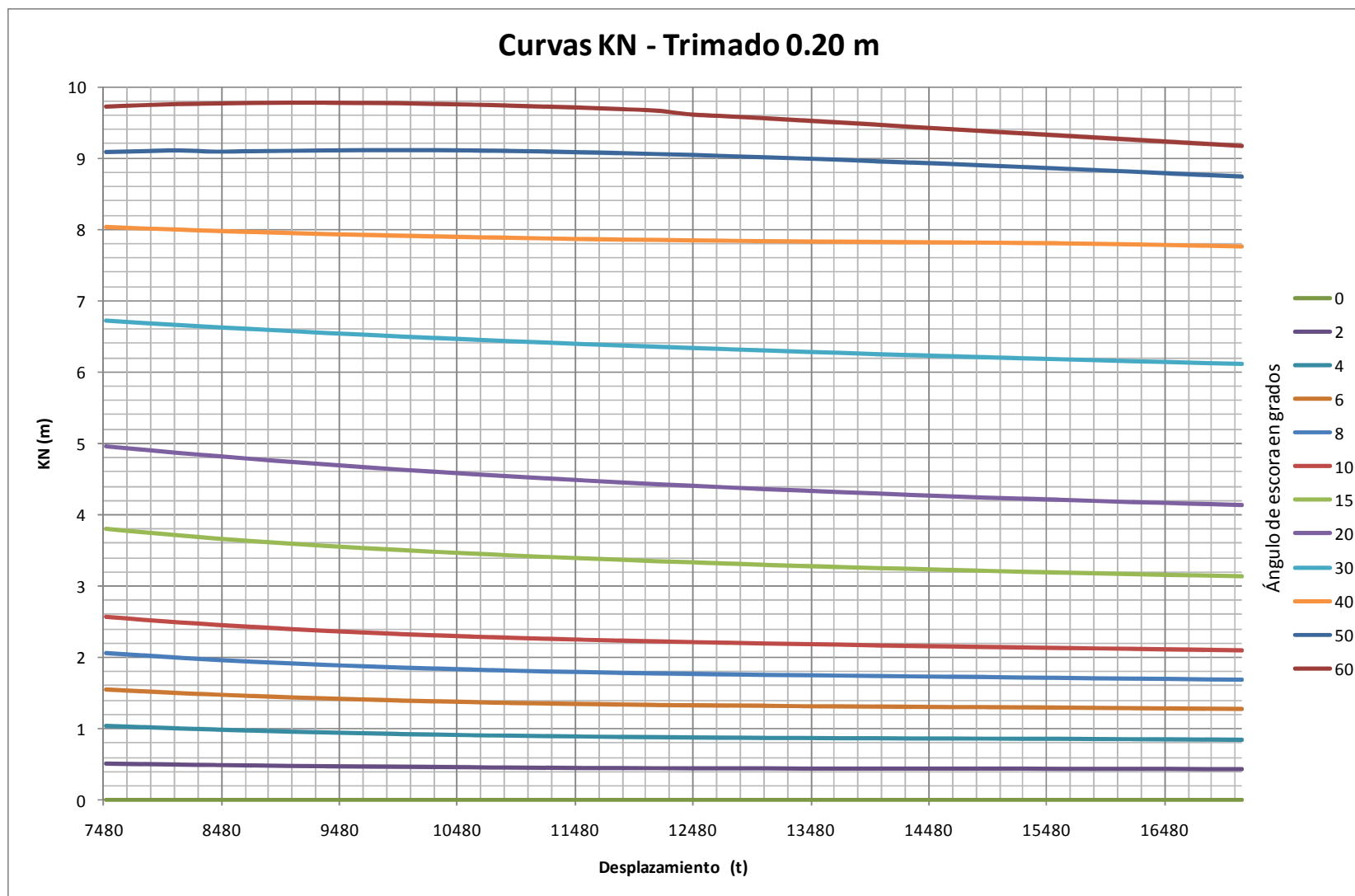


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



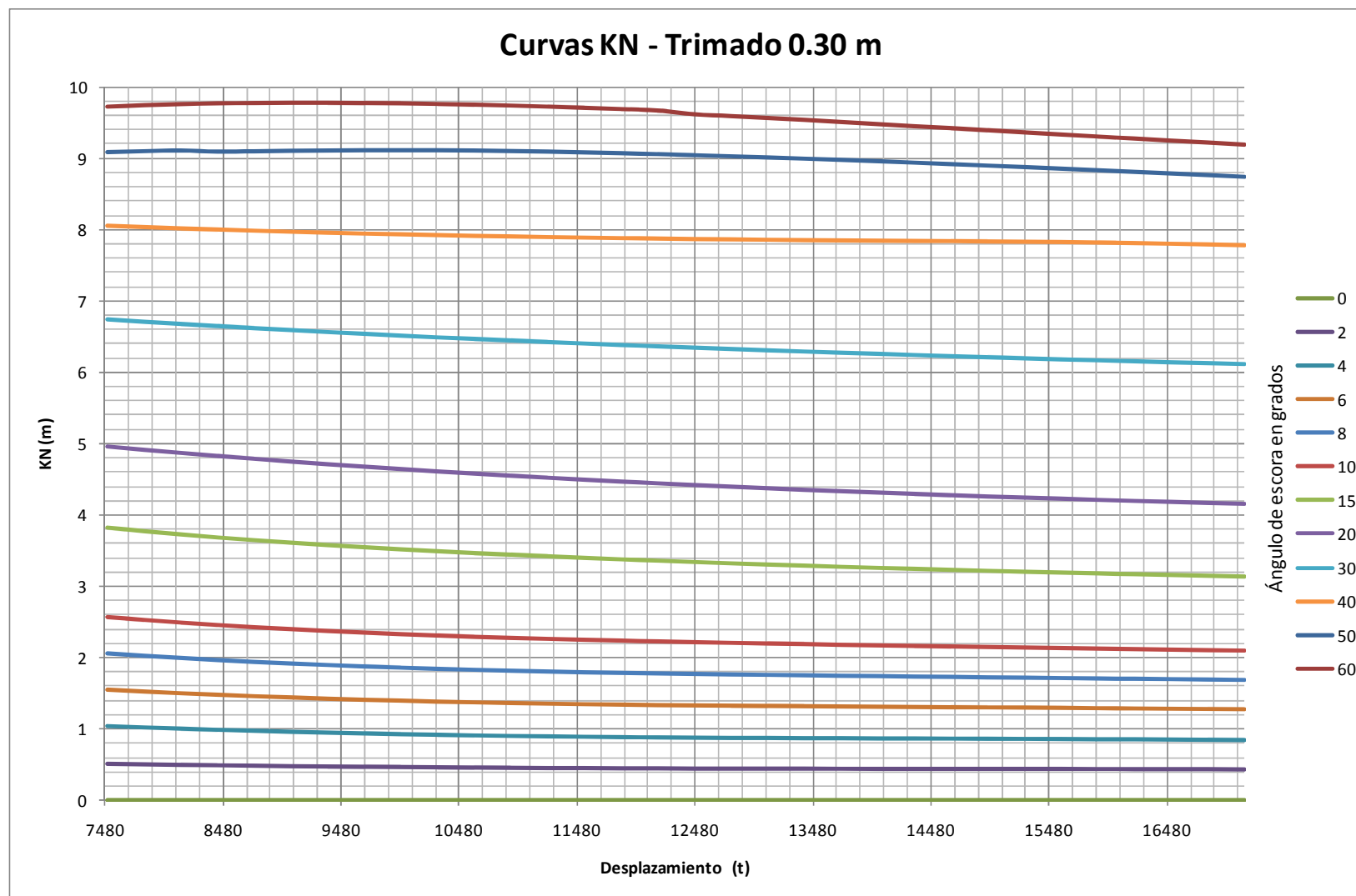


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



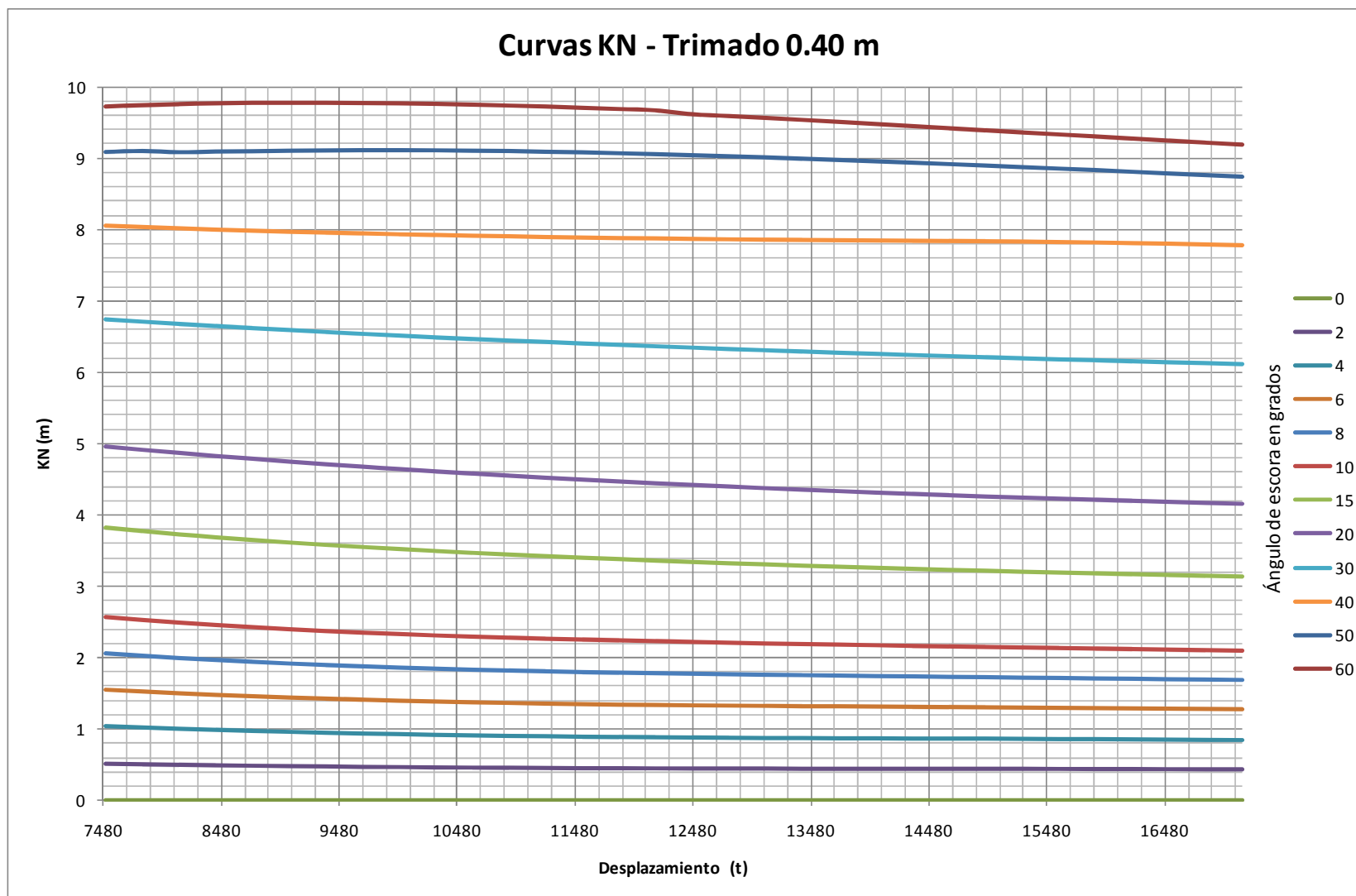


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



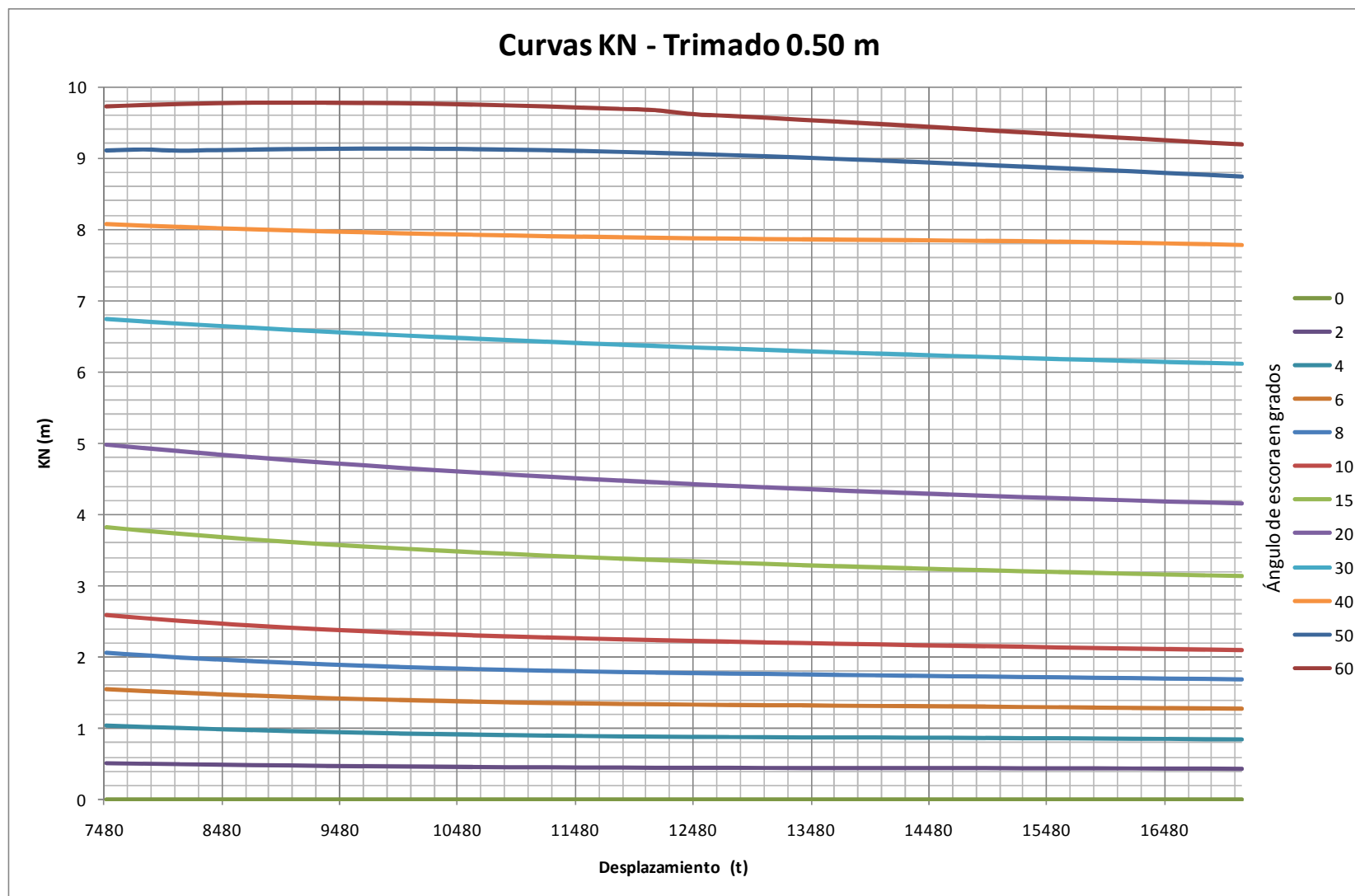


Buque CON-RO/RO

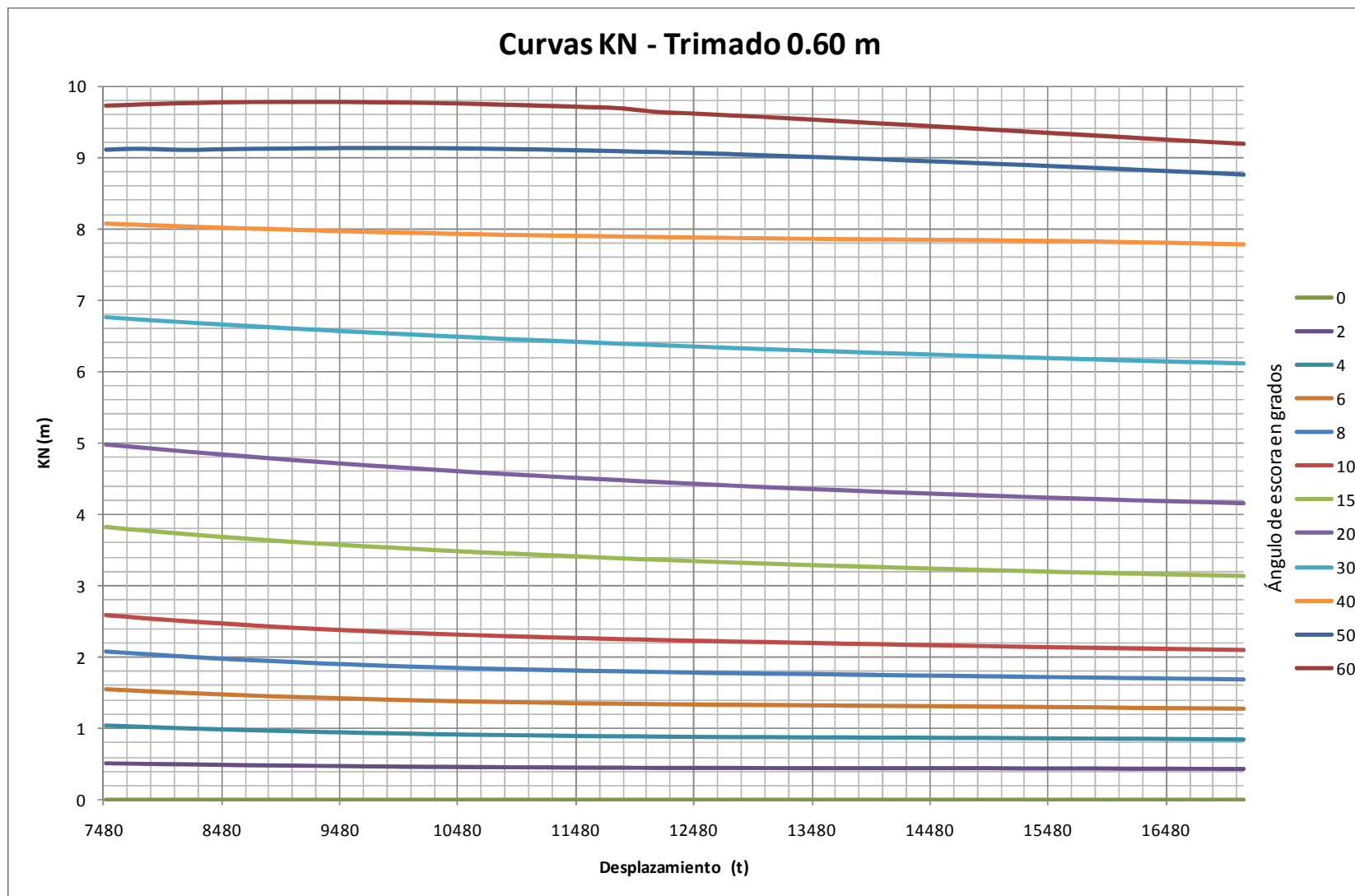
Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

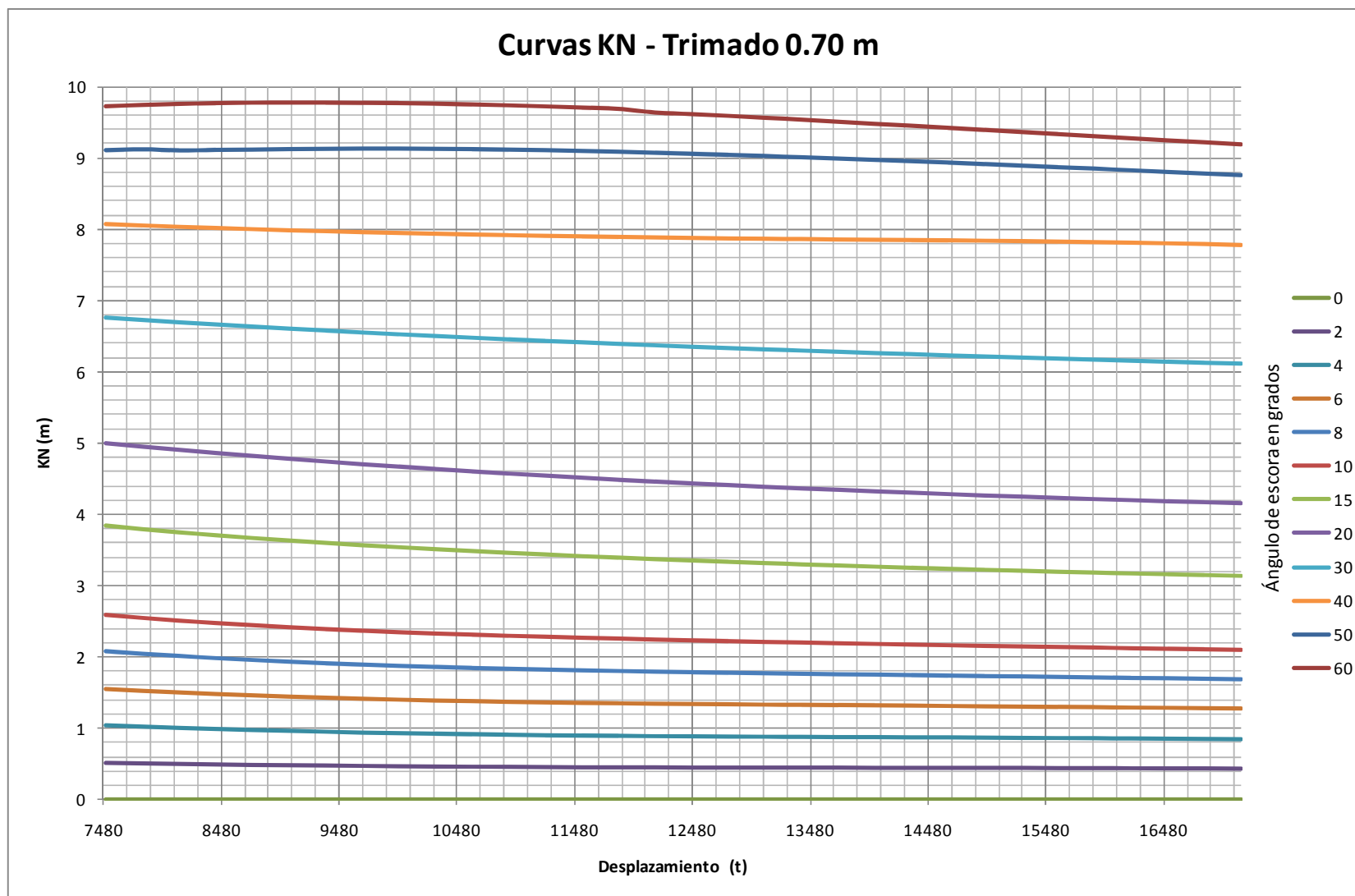
UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009









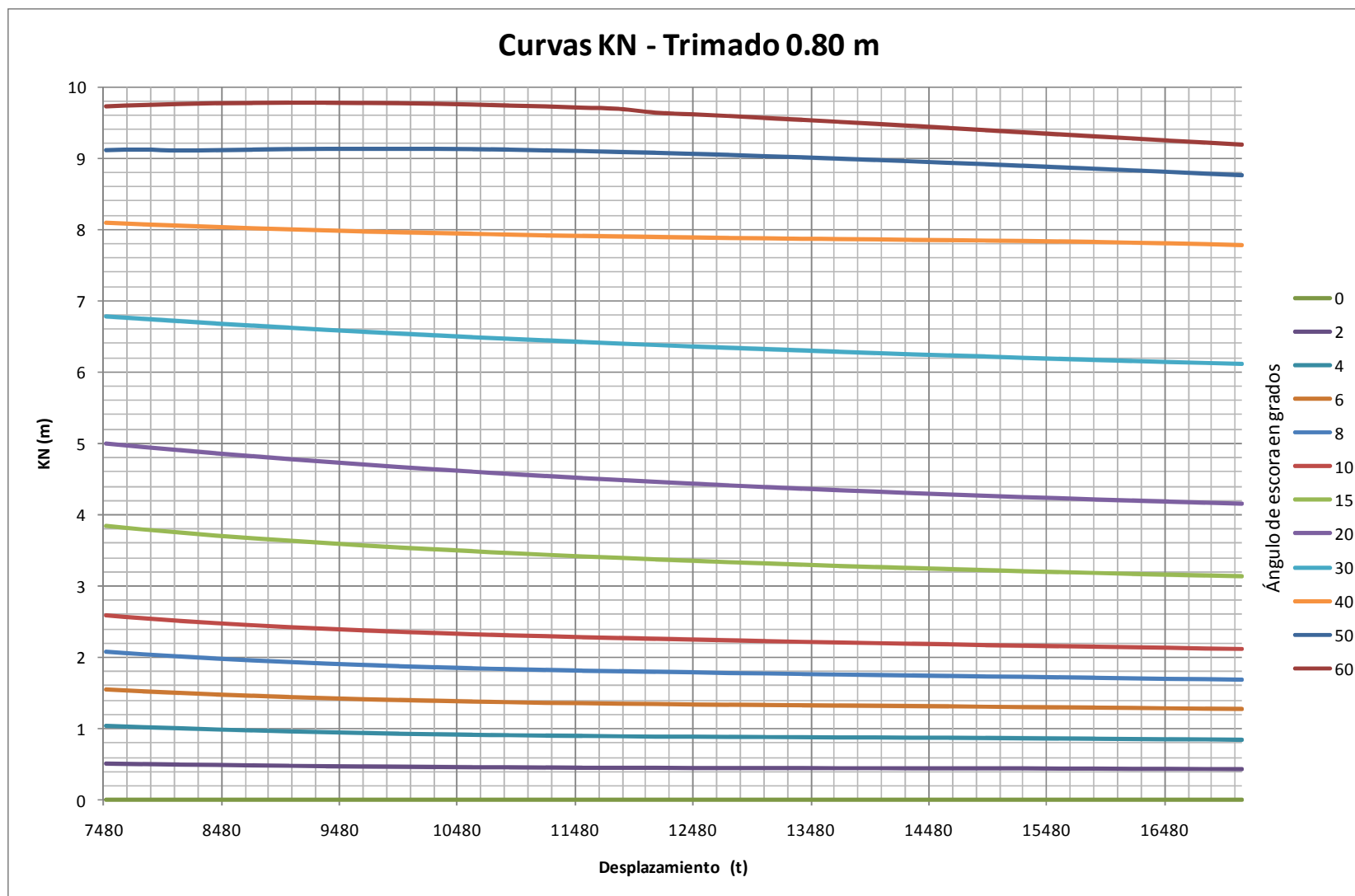


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



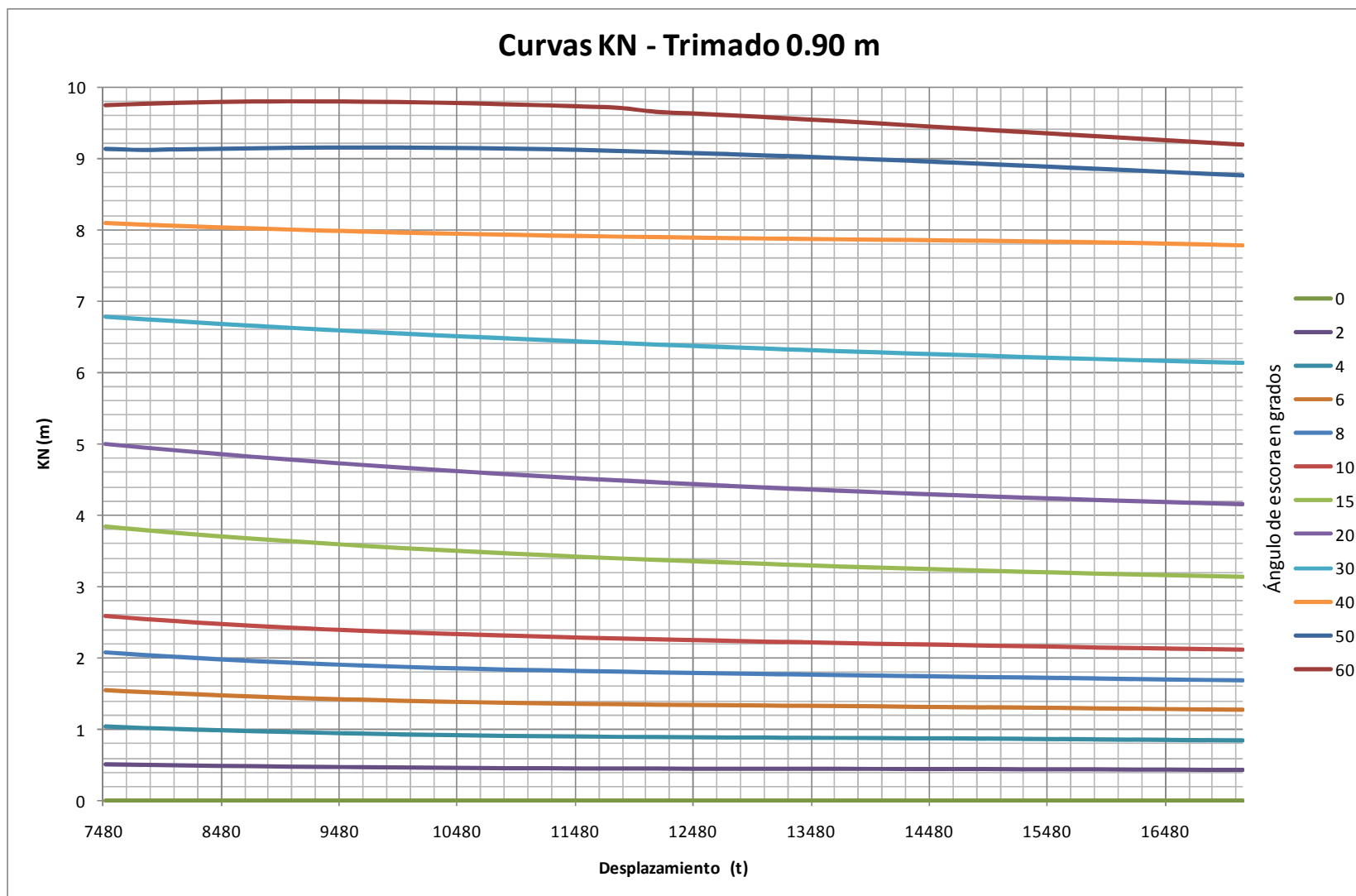


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



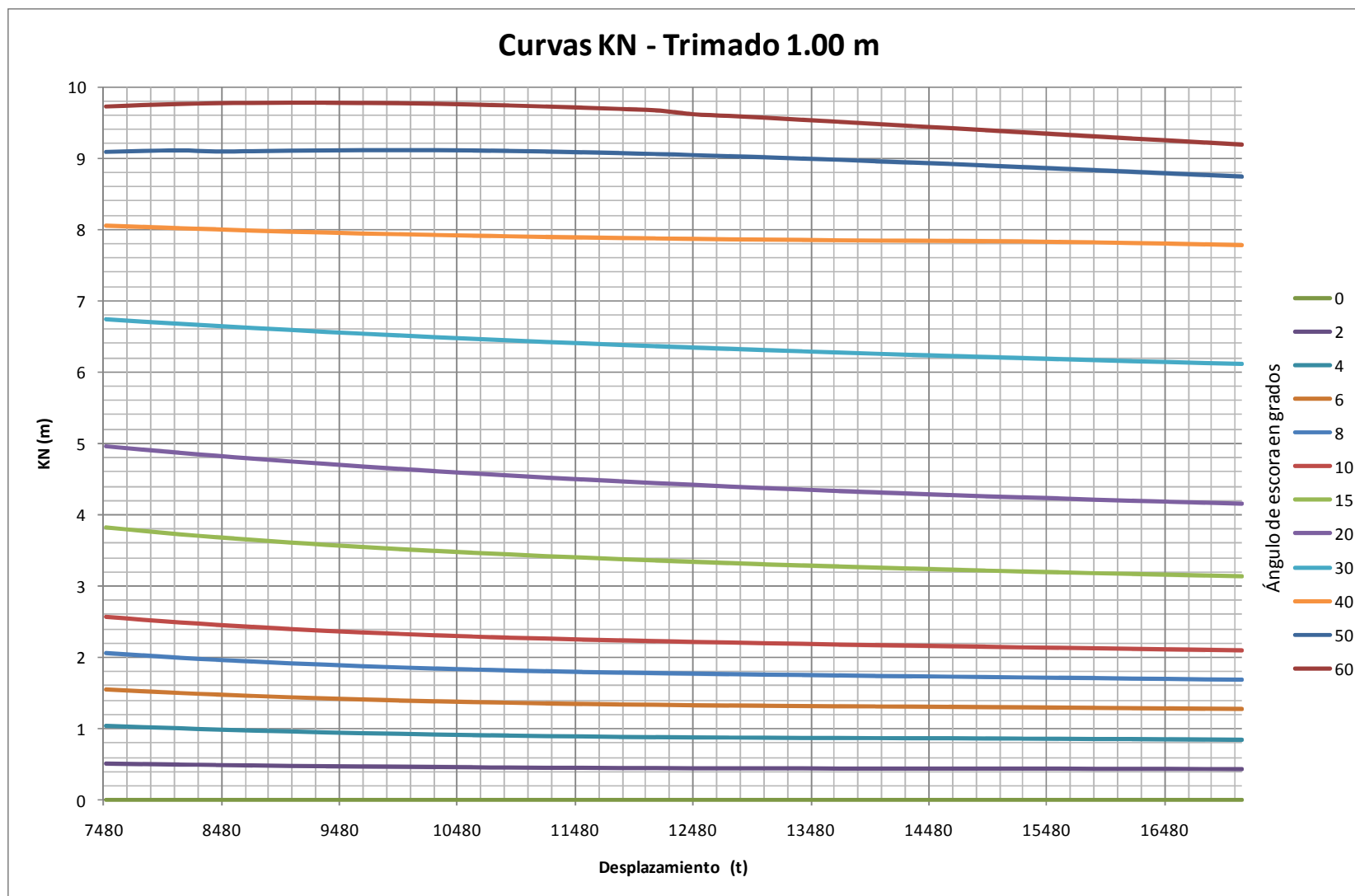


Buque CON-RO/RO

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## 4 Tabla y plano de capacidades y c. de g. de espacios, con resúmenes por tipo de contenido.

A continuación se presenta una relación de todos los tanques presentes en el buque, especificando de cada uno de ellos su capacidad, y las coordenadas de su centro de gravedad.

Las densidades de los líquidos ha sido tomada en sintonía con lo especificado en el Protocolo Armonizado de 1998 de los Convenios SOLAS y Líneas de Carga.

Las permeabilidades de los distintos espacios se fijan de acuerdo a la legislación SOLAS.

Además, se adjunta como Anexo un plano de disposición general de tanques.

Contenido	Densidades	Permeabilidad	Vol. Neto (m3)	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Yg (m)
FO1 Mam. Proa CCMM	0,9443	95	344,072	324,907	67,095	0	5,68
FO1_DFB	0,9443	95	107,907	101,897	71,733	-5,775	2,06
FO1_DFC	0,9443	95	125,052	118,086	71,733	0	2,06
FO1_DFE	0,9443	95	107,907	101,897	71,733	5,775	2,06
FO2_DFC	0,9443	95	138,880	131,144	85,036	0	2,06
FO2_DFE	0,9443	95	119,840	113,165	85,036	5,775	2,06
TA_DO	0,84	95	65,443	54,972	63,79	0	4,5
TA_DO	0,84	95	27,680	23,251	64,355	-7,24	4,5
TA_DO	0,84	95	27,680	23,251	64,355	7,24	4,5
TA_DO	0,84	95	14,706	12,353	64,355	-5,45	7,9
TA_DO	0,84	95	14,706	12,353	64,355	5,45	7,9
TSD DOB	0,84	95	3,910	3,285	52,95	-1,225	7,9
TSD DOE	0,84	95	3,910	3,285	52,95	1,225	7,9
TSD1	0,9443	95	32,902	31,069	59,54	-1,225	7,9
TSD2	0,9443	95	32,902	31,069	59,54	1,225	7,9
Tsed	0,9443	95	72,500	68,461	64,865	0	4,5
ACEITE MOTOR (L03P)	0,92	100	9,184	8,449	57,636	-5,412	0,762
ACEITE MOTOR (L03S)	0,92	100	9,845	9,057	57,443	3,935	0,751
AGUA CILINDROS	1	100	4,788	4,788	60,73	0	1,1
ACEITE SUCIO	0,92	100	7,524	6,922	58,13	0	1,1
ALMAC. ACEITE (L002)	0,92	100	7,524	6,922	55,93	0	1,1
AGUAS ACEITOSAS	0,92	100	14,364	13,215	52,73	0	1,1
DERR. BAD. F.O.	0,9443	100	3,591	3,391	48,88	-0,75	1,1
DERR. BAD. ACEITE	0,92	100	3,591	3,304	48,88	0,75	1,1
AGUA SANITARIA	1	100	106,168	106,168	164,979	0,000	8,784
Tanque Antiescora B	1,025	95	89,055	91,281	85,025	-5,767	0,665
Tanque Antiescora E	1,025	95	84,602	86,717	85,025	5,767	0,665
TankPIQUEPROA	1,025	100	201,273	206,305	172,522	0	4,527

A continuación se presenta una tabla resumen de espacios vacíos, compartimentos:

Contenido	Permeabilidad	Vol. Neto (m3)	Inundaci AS (t)	Xg (m)	Zg (m)	Yg (m)
DC_1B	100%	163,316	167,399	65,43	-11,47	8,5
DC_2B	100%	180,705	185,223	78,036	-11,47	8,5
DC_3B	100%	179,289	183,771	92,036	-11,47	8,5
DC_4B	100%	173,903	178,251	106,036	-11,47	8,5
DC_6B	100%	321,339	329,372	134,036	-11,47	8,5
DC_7B.Superior	100%	148,787	152,507	148,036	-6,32	8,5
DC_7B.Inferior	100%	85,475	87,611	148,036	-6,32	5,7
DC_1E	100%	163,315	167,398	65,43	9,16	8,5
DC_2E	100%	180,705	185,223	78,036	9,16	8,5
DC_3E	100%	179,289	183,771	92,036	9,16	8,5
DC_4E	100%	173,903	178,251	106,036	9,16	8,5
DC_5E	100%	245,387	251,522	120,036	6,32	8,5
DC-6E	100%	321,339	329,372	134,036	3,71	8,5
DC_7E.Superior	100%	148,787	152,507	148,036	2,17	8,5
DC_7E.Inferior	100%	85,475	87,611	148,036	1,19	5,7
DC-HMANIOBRA	100%	236,475	242,387	162,036	-11,5	8,5
TSECO1B	100%	77,211	79,141	65,43	-8,45	1,26
TSECO1C	100%	93,308	95,641	65,43	-3,1	1,26
TSECO1E	100%	77,211	79,141	65,43	3,1	1,26
TSECO2C	100%	98,74	101,209	78,036	-3,1	1,26
TSECO3B	100%	286,865	294,037	92,036	-12	2,86
TSECO3C	100%	242,71	248,777	92,036	-3,1	2,86
TSECO3E	100%	286,865	294,037	92,036	3,1	2,86
TSECO4B	100%	218,871	224,343	106,036	-12	2,86
TSECO4C	100%	240,8	246,82	106,036	-3,1	2,86
TSECO4E	100%	218,871	224,343	106,036	3,1	2,86
TSECO5B	100%	118,436	121,397	120,036	-12	2,86
TSECO5C	100%	231,061	236,837	120,036	-3,1	2,86
TSECO5E	100%	118,436	121,397	120,036	3,1	2,86
TSECO6B	100%	43,804	44,899	134,036	-12	2,86
TSECO6C	100%	210,977	216,252	134,036	-3,1	2,86
TSECO6E	100%	43,804	44,899	134,036	3,1	2,86
TSECO7B	100%	3,885	3,982	148,036	-12	2,86
TSECO7C	100%	158,843	162,814	148,036	-3,1	2,86
TSECO7E	100%	3,885	3,982	148,036	3,1	2,86

Es importante destacar que muchos espacios listados en la tabla anterior, han sido utilizados en los cálculos, bien de en este cuaderno o en el cuaderno 12, como tanques de agua de lastre. A continuación se listan los tanques que fueron considerados como tanques de agua de lastre en algun cálculo del proyecto:

TABLA RESUMEN DE TANQUES QUE A LO LARGO DEL PROYECTO HAN SIDO CONSIDERADOS COMO TANQUES DE AGUA DE LASTRE Y QUE INICIALMENTE NO FUERON CONSIDERADOS COMO TAL			
CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS (SOLO CAMBIA EL NOBMR, LAS CARACTERISTICAS SON LAS MISMAS)		CUADERNOS EN LOS QUE HAN SIDO UTILIZADOS COMO TANQUES DE AGUA DE LASTRE	
CUADERNO 5	CUADERNO 12		
DC_1B	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
DC_2B	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
DC_3B	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
DC_1E	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
DC_2E	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
DC_3E	""	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO1BPANTOQUE	WB1_PB (Lastre Pantoque Babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO1EPANTOQUE	WB1_PE (Lastre Pantoque Estribor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO2BPANTOQUE	WB2_PB (Lastre Pantoque Babor)	CUADERNO 5	
TSECO2EPANTOQUE	WB2_PE (Lastre Pantoque Estribor)	CUADERNO 5	
TSECO1B	WB1_DFB (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	
TSECO1C	WB1_DFC (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO1E	WB1_DFE (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	
TSECO2C	WB2_DFC (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO3B	WB3_DFB (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO3C	WB3_DFC (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO3E	WB3_DFE (Lastre doble fondo babor)	CUADERNO 5	CUADERNILLO 12
TSECO4B	""		CUADERNILLO 12
TSECO4C	""		CUADERNILLO 12
TSECO4E	""		CUADERNILLO 12

NOTA: Como se puede ver en la tabla anterior, a lo largo del proyecto, se ha modificado el nombre de alguno de los tanques con el fin de adecuarlo a su fin. A continuación se adjunta una tabla de correspondencia entre nombres:

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
CUADERNILLO 5	CUADERNILLO 12
TSD1	TSD_FOB (Tanque servicio diario fuel oil babor)
TSD2	TSD_FOE (Tanque servicio diario fuel oil estribor)
TSECO1BPANTOQUE	WB1_PB (Lastre Pantoque Babor)
TSECO1EPANTOQUE	WB1_PE (Lastre Pantoque Estribor)
TSECO2BPANTOQUE	WB2_PB (Lastre Pantoque Babor)
TSECO2EPANTOQUE	WB2_PE (Lastre Pantoque Estribor)
TSECO1B	WB1_DFB (Lastre doble fondo babor)
TSECO1C	WB1_DFC (Lastre doble fondo babor)
TSECO1E	WB1_DFE (Lastre doble fondo babor)
TSECO2C	WB2_DFC (Lastre doble fondo babor)
TSECO3B	WB3_DFB (Lastre doble fondo babor)
TSECO3C	WB3_DFC (Lastre doble fondo babor)
TSECO3E	WB3_DFE (Lastre doble fondo babor)





## 5 Situaciones de carga preliminares.

Se han estudiado las siguientes cuatro situaciones de carga:

- Plena carga salida
- Plena carga llegada
- Lastre salida
- Lastre llegada

Se ha comprobado que todas las situaciones de carga indicadas cumplen estabilidad intacta, en lo relativo a ello solo se ha añadido curva de GZ ya que todos estos cálculos se efectuarán posteriormente con una mayor rigurosidad. Se ha tenido en cuenta punto de inundación, siendo este la ventilación de garajes. A continuación se adjuntan tablas resumen de cada condición.

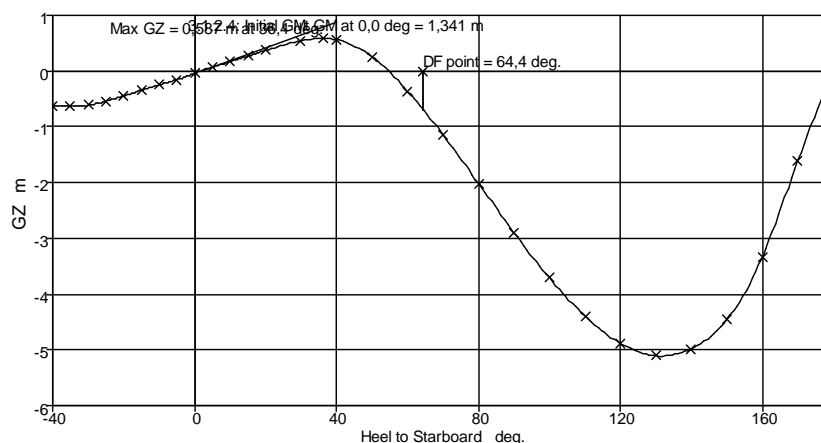
**Plena carga salida.**

	Cantidad	Masa(t)	Total Masa(t)	Volumen(m3)	Total Volumen (m3)	Long.l(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t-m)
Lightship	1	7418	7418			85	0	9,898	0
Viveres 4kg/persona-día	100%	2	2			150,136	0	19,65	0
Cargos y pertrechos	100%	2	2			139,63	0	22,45	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	3			152,11	0	26,125	0
Elementos de estiba	100%	70	70			200	0	11,555	0
Contenedores	100%	3800	3800			84,054	0,171	17,954	0
Trailers	100%	2800	2800			80,57	0	9,02	0
DC_1B	0%	167,392	0	163,309	0	0,013	0	0	0
DC_2B	0%	185,218	0	180,7	0	0,013	0	0	0
DC_3B	0%	183,759	0	179,277	0	0,013	0	0	0
DC_4B	0%	178,178	0	173,832	0	0,013	0	0	0
DC_5B	0%	251,272	0	245,143	0	0,013	0	0	0
DC_6B	0%	328,609	0	320,594	0	0,013	0	0	0
DC_7B.Superior	0%	151,644	0	147,946	0	0,013	0	0	0
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0	84,7	0	0,013	0	0	0
DC_1E	0%	167,392	0	163,309	0	0,013	0	0	0
DC_2E	0%	185,218	0	180,7	0	0,013	0	0	0
DC_3E	0%	183,759	0	179,277	0	0,013	0	0	0
DC_4E	0%	178,178	0	173,832	0	0,013	0	0	0
DC_5E	0%	251,272	0	245,143	0	0,013	0	0	0
DC_6E	0%	328,609	0	320,594	0	0,013	0	0	0
DC_7E.Superior	0%	151,644	0	147,946	0	0,013	0	0	0
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0	84,7	0	0,013	0	0	0
FO1 Mam. Proa CCMM	100%	324,907	324,907	344,072	344,072	62,559	0	5,68	0
FO1_DFB	100%	101,897	101,897	107,907	107,907	67,197	-5,775	2,06	0
FO1_DFC	100%	118,086	118,086	125,052	125,052	67,197	0	2,06	0
FO1_DFE	100%	101,897	101,897	107,907	107,907	67,197	5,775	2,06	0
FO2_DFB	100%	113,165	113,165	119,84	119,84	80,5	-5,775	2,06	0
FO2_DFC	100%	131,144	131,144	138,88	138,88	80,5	0	2,06	0
FO2_DFE	100%	113,165	113,165	119,84	119,84	80,5	5,775	2,06	0
TA_DO	100%	54,972	54,972	65,442	65,442	59,254	0	4,5	0
TA_DO	100%	23,251	23,251	27,68	27,68	59,819	-7,24	4,5	0
TA_DO	100%	23,251	23,251	27,68	27,68	59,819	7,24	4,5	0
TA_DO	100%	12,353	12,353	14,706	14,706	59,819	-5,45	7,9	0
TA_DO	100%	12,353	12,353	14,706	14,706	59,819	5,45	7,9	0
TSD_DOB	100%	3,285	3,285	3,91	3,91	48,414	-1,225	7,9	0
TSD_DOE	100%	3,285	3,285	3,91	3,91	48,414	1,225	7,9	0
TSD1	100%	31,069	31,069	32,902	32,902	55,004	-1,225	7,9	0
TSD2	100%	31,069	31	33	33	55,004	1,225	7,900	0
Tsed	100%	68,461	68,461	72,5	72,5	60,329	0	4,5	0
ACEITE MOTOR	100%	8,407	8,407	9,138	9,138	53,113	-5,41	0,763	0
ACEITE MOTOR	100%	9,052	9,052	9,839	9,839	52,909	3,935	0,751	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	4,788	4,788	4,788	56,194	0	1,1	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	6,922	7,524	7,524	53,594	0	1,1	0
ALMAC. ACEITE	100%	6,922	6,922	7,524	7,524	51,394	0	1,1	0
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,215	13,215	14,364	14,364	48,194	0	1,1	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	3,391	3,591	3,591	44,344	-0,75	1,1	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	3,304	3,591	3,591	44,344	0,75	1,1	0
agua sanitaria	100%	106,168	106,168	106,168	106,168	165,011	0	10,723	0
TankPIQUEPROA	0%	206,173	0	201,144	0	0,013	0	0	0
TSECO1BPANTOQUE	0%	84,622	0	82,558	0	0,013	0	0	0
TSECO1EPANTOQUE	0%	84,622	0	82,558	0	0,013	0	0	0
TSECO2BPANTOQUE	0%	99,594	0	97,165	0	0,013	0	0	0
TSECO2EPANTOQUE	0%	99,594	0	97,165	0	0,013	0	0	0
TSECO1B	0%	79,019	0	77,092	0	0,013	0	0	0
TSECO1C	0%	95,626	0	93,294	0	0,013	0	0	0
TSECO1E	0%	79,019	0	77,092	0	0,013	0	0	0
TSECO2C	0%	101,207	0	98,739	0	0,013	0	0	0
TSECO3B	0%	293,479	0	286,321	0	0,013	0	0	0
TSECO3C	0%	248,774	0	242,706	0	0,013	0	0	0
TSECO3E	0%	293,479	0	286,321	0	0,013	0	0	0
TSECO4B	0%	223,9	0	218,439	0	0,013	0	0	0
TSECO4C	0%	246,791	0	240,771	0	0,013	0	0	0
TSECO4E	0%	223,9	0	218,439	0	0,013	0	0	0
TSECO5B	0%	121,272	0	118,315	0	0,013	0	0	0
TSECO5C	0%	236,849	0	231,073	0	0,013	0	0	0
TSECO5E	0%	121,272	0	118,315	0	0,013	0	0	0
TSECO6B	0%	44,683	0	43,593	0	0,013	0	0	0
TSECO6C	0%	216,28	0	211,005	0	0,013	0	0	0
TSECO6E	0%	44,683	0	43,593	0	0,013	0	0	0
TSECO7B	0%	3,845	0	3,751	0	0,013	0	0	0
TSECO7C	0%	162,536	0	158,571	0	0,013	0	0	0
TSECO7E	0%	3,845	0	3,751	0	0,013	0	0	0
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0	88,971	0	0,013	0	0	0
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0	88,971	0	0,013	0	0	0
Total Loadcase			15524,779	8180,497	1526,363	83,547	0,041	11,196	0
FS correction								0	
VCG fluid								11,196	

	PLENA CARGA
Draft Amidships m	6,18
Displacement t	15525
Heel deg	0
Draft at FP m	6,038
Draft at AP m	6,321
Draft at LCF m	6,195
Trim (+ve by stern) m	0,283
WL Length m	174,809
Beam max extents on WL m	22,904
Wetted Area m <sup>2</sup>	4783,394
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3467,026
Prismatic coeff. (Cp)	0,63
Block coeff. (Cb)	0,599
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,866
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	83,529
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,871
KB m	3,557
KG fluid m	11,196
BMt m	8,981
BML m	460,925
GMt corrected m	1,341
GML m	453,286
KMt m	12,538
KML m	464,482
Immersion (TPc) tonne/cm	35,537
MTc tonne.m	413,422
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	363,46
Max deck inclination deg	0,0952
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0952

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG). Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

PUNTO DE INUNDACIÓN			
X	Y	Z	Ang. Inun.
163,44	7,23	17,556	<b>64,4º</b>





Buque CON-RO/RO

Proyecto nº10 2008-2009

Cuaderno 5: Cálculos de Arquitectura Naval

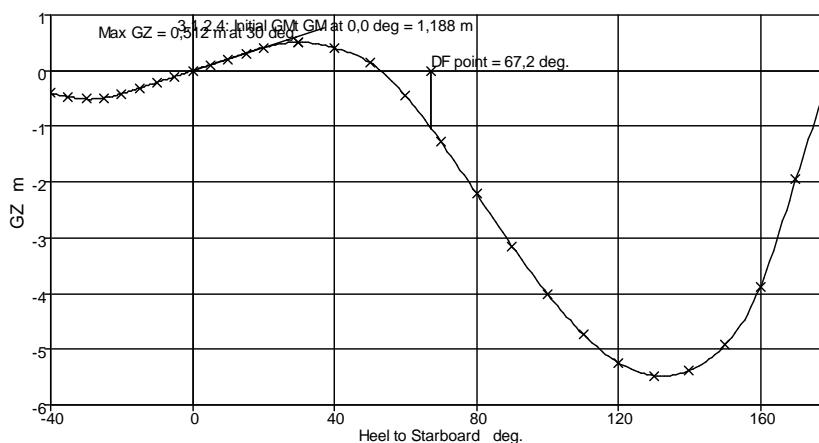
## Plena carga llegada.

	PLENA CARGA Y 10%CONSUMOS								
	Cantidad	Masa(t)	Total Masa(t)	Volumen(m3)	Total Volumen (m3)	Long.(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t-m)
Lightship	1	7418	7418			85	0	9,898	0
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	324,907	0	344,072	0	0,013	0	0	0
FO1_DFB	0%	101,897	0	107,907	0	0,013	0	0	0
FO1_DFC	0%	118,086	0	125,052	0	0,013	0	0	0
FO1_DFE	0%	101,897	0	107,907	0	0,013	0	0	0
FO2_DFB	0%	113,165	0	119,84	0	0,013	0	0	0
FO2_DFC	0%	131,144	0	138,88	0	0,013	0	0	0
FO2_DFE	0%	113,165	0	119,84	0	0,013	0	0	0
TA_DO	0%	54,972	0	65,442	0	0,013	0	0	0
TA_DO	0%	23,251	0	27,68	0	0,013	0	0	0
TA_DO	0%	23,251	0	27,68	0	0,013	0	0	0
TA_DO	27%	12,353	3,335	14,706	3,971	59,819	-5,45	7,462	32,508
TA_DO	27%	12,353	3,335	14,706	3,971	59,819	5,45	7,462	32,508
TSD DOB	100%	3,285	3,285	3,91	3,91	48,414	-1,225	7,9	0
TSD DOE	100%	3,285	3,285	3,91	3,91	48,414	1,225	7,9	0
TSD1	100%	31,069	31,069	32,902	32,902	55,004	-1,225	7,9	0
TSD2	100%	31,069	31,069	32,902	32,902	55,004	1,225	7,9	0
Tsed	75%	68,461	51,346	72,5	54,375	60,329	0	3,8	155,973
ACEITE MOTOR	100%	8,407	8,407	9,138	9,138	53,113	-5,41	0,763	0
ACEITE MOTOR	100%	9,052	9,052	9,839	9,839	52,909	3,935	0,751	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	4,788	4,788	4,788	56,194	0	1,1	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	6,922	7,524	7,524	53,594	0	1,1	0
ALMAC. ACEITE	95%	6,922	6,576	7,524	7,148	51,394	0	1,07	4,554
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,215	13,215	14,364	14,364	48,194	0	1,1	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	3,391	3,591	3,591	44,344	-0,75	1,1	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	3,304	3,591	3,591	44,344	0,75	1,1	0
lastre1	0%	9,241	0	9,016	0	0,013	0	0	0
Tanque Antiescora B	0%	0	0			4,549	0	0	0
Tanque Antiescora E	0%	0	0			4,549	0	0	0
TankPIQUEPROA	0%	206,173	0	201,144	0	0,013	0	0	0
Viveres 4kg/persona-día	10%	2	0,2			150,136	0	19,65	0
Cargos y pertrechos	10%	2	0,2			139,63	0	22,45	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	3			152,11	0	26,125	0
Elementos de estiba	100%	70	70			200	0	11,555	0
Contenedores	100%	3014,5	3014,5			84,054	0	17,954	0
Trailers	100%	2800	2800			80,57	0	9,02	0
DC_1B	0%	167,392	0	163,309	0	0,013	0	0	0
DC_2B	0%	185,218	0	180,7	0	0,013	0	0	0
DC_3B	0%	183,759	0	179	0	0,013	0	0	0
DC_4B	0%	178,178	0	173,832	0	0,013	0	0	0
DC_5B	0%	251,272	0	245,143	0	0,013	0	0	0
DC_6B	0%	328,609	0	320,594	0	0,013	0	0	0
DC_7B.Superior	0%	151,644	0	147,946	0	0,013	0	0	0
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0	84,7	0	0,013	0	0	0
DC_1E	0%	167,392	0	163,309	0	0,013	0	0	0
DC_2E	0%	185,218	0	180,7	0	0,013	0	0	0
DC_3E	0%	183,759	0	179,277	0	0,013	0	0	0
DC_4E	0%	178,178	0	173,832	0	0,013	0	0	0
DC_5E	0%	251,272	0	245,143	0	0,013	0	0	0
DC_6E	0%	328,609	0	320,594	0	0,013	0	0	0
DC_7E.Superior	0%	151,644	0	147,946	0	0,013	0	0	0
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0	84,7	0	0,013	0	0	0
agua sanitaria	10%	106,168	10,617	106,168	10,617	164,979	0	8,784	409,677
TSECO1BPANTOQUE	0%	84,622	0	82,558	0	0,013	0	0	0
TSECO1EPANTOQUE	0%	84,622	0	82,558	0	0,013	0	0	0
TSECO2BPANTOQUE	0%	99,594	0	97,165	0	0,013	0	0	0
TSECO2EPANTOQUE	0%	99,594	0	97,165	0	0,013	0	0	0
TSECO1B	0%	79,019	0	77,092	0	0,013	0	0	0
TSECO1C	0%	95,626	0	93,294	0	0,013	0	0	0
TSECO1E	0%	79,019	0	77,092	0	0,013	0	0	0
TSECO2C	0%	101,207	0	98,739	0	0,013	0	0	0
TSECO3B	0%	293,479	0	286,321	0	0,013	0	0	0
TSECO3C	0%	248,774	0	242,706	0	0,013	0	0	0
TSECO3E	0%	293,479	0	286,321	0	0,013	0	0	0
TSECO4B	0%	223,9	0	218,439	0	0,013	0	0	0
TSECO4C	0%	246,791	0	240,771	0	0,013	0	0	0
TSECO4E	0%	223,9	0	218,439	0	0,013	0	0	0
TSECO5B	0%	121,272	0	118,315	0	0,013	0	0	0
TSECO5C	0%	236,849	0	231,073	0	0,013	0	0	0
TSECO5E	0%	121,272	0	118,315	0	0,013	0	0	0
TSECO6B	0%	44,683	0	43,593	0	0,013	0	0	0
TSECO6C	0%	216,28	0	211,005	0	0,013	0	0	0
TSECO6E	0%	44,683	0	43,593	0	0,013	0	0	0
TSECO7B	0%	3,845	0	3,751	0	0,013	0	0	0
TSECO7C	0%	162,536	0	158,571	0	0,013	0	0	0
TSECO7E	0%	3,845	0	3,751	0	0,013	0	0	0
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0	88,971	0	0,013	0	0	0
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0	88,971	0	0,013	0	0	0
Total Loadcase			13498,896	8180,497	206,54	84,143	-0,001	11,455	635,219
FS correction								0,047	
VCG fluid								11,502	

	PLENA CARGA Y 10%CONSUMOS
Draft Amidships m	5,59
Displacement t	13499
Heel deg	0
Draft at FP m	5,385
Draft at AP m	5,795
Draft at LCF m	5,605
Trim (+ve by stern) m	0,41
WL Length m	175,562
Beam max extents on WL m	22,91
Wetted Area m <sup>2</sup>	4414,551
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3280,612
Prismatic coeff. (Cp)	0,604
Block coeff. (Cb)	0,566
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,977
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,816
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	84,125
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	78,68
KB m	3,205
KG fluid m	11,502
BMt m	9,485
BML m	459,492
GMt corrected m	1,188
GML m	451,195
KMt m	12,69
KML m	462,697
Immersion (TPc) tonne/cm	33,626
MTc tonne.m	357,831
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	279,877
Max deck inclination deg	0,138
Trim angle (+ve by stern) deg	0,138

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG). Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

PUNTO DE INUNDACIÓN			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Ang. Inun.(º)
163,44	7,23	17,556	<b>67,2</b>



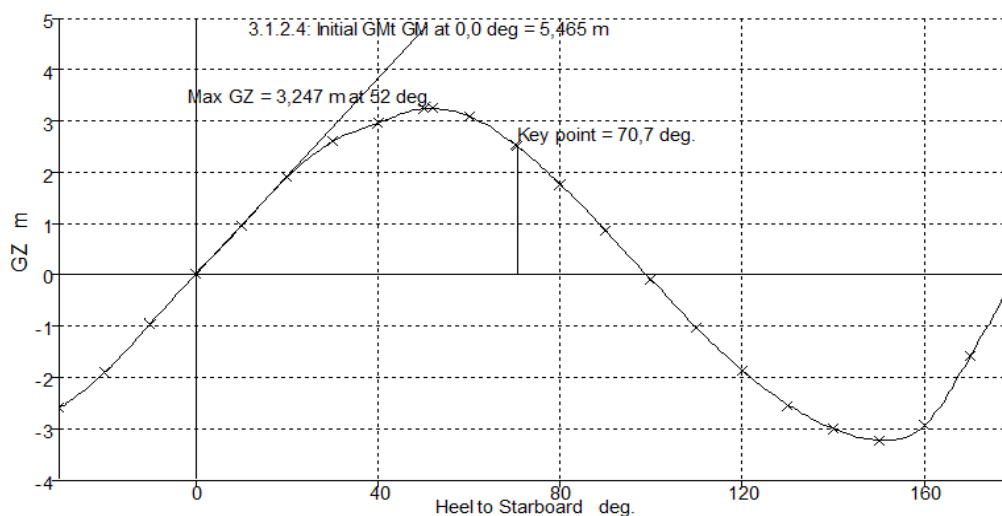
**Lastre salida.**

LASTRE SALIDA						
PARTIDA	Cantidad	Masa(t)	Long.(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t-m)
Lightship	1	7418	85	9,898	0	0
Viveres 4kg/persona-día	100%	2	150,136	19,65	0	0
Cargos y pertrechos	100%	2	139,63	22,45	0	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	152,11	26,125	0	0
Elementos de estiba	100%	70	200	11,555	0	0
DC 1B	100%	167,4	67,195	5,675	-10,309	0
DC 2B	100%	185,3	80,493	5,681	-10,304	0
DC 3B	100%	183,8	94,487	5,694	-10,295	0
DC 4B	0%	0	108,42	5,758	-10,266	0
DC 5B	0%	0	123,178	6,023	-9,3	0
DC 6B	0%	0	136,522	6,315	-7,362	0
DC 7B.Superior	0%	0	150,007	7,268	-5,528	0
DC 7B.Inferior	0%	0	150,075	4,549	-3,732	0
DC 1E	100%	167,4	67,195	5,675	10,309	0
DC 2E	100%	185,3	80,493	5,681	10,304	0
DC 3E	100%	183,8	94,487	5,694	10,295	0
DC 4E	0%	0	108,42	5,758	10,266	0
DC 5E	0%	0	123,178	6,023	9,3	0
DC 6E	0%	0	136,522	6,315	7,362	0
DC 7E.Superior	0%	0	150,007	7,268	5,528	0
DC 7E.Inferior	0%	0	150,075	4,549	3,732	0
FO1 Mam. Proa CCMM	100%	324,9	62,559	5,68	0	0
FO1_DFB	100%	101,9	67,197	2,06	-5,775	0
FO1_DFC	100%	118,1	67,197	2,06	0	0
FO1_DFE	100%	101,9	67,197	2,06	5,775	0
FO2_DFB	100%	113,2	80,5	2,06	-5,775	0
FO2_DFC	100%	131,1	80,5	2,06	0	0
FO2_DFE	100%	113,2	80,5	2,06	5,775	0
TA_DO	100%	54,97	59,254	4,5	0	0
TA_DO	100%	23,25	59,819	4,5	-7,24	0
TA_DO	100%	23,25	59,819	4,5	7,24	0
TA_DO	100%	12,35	59,819	7,9	-5,45	0
TA_DO	100%	12,35	59,819	7,9	5,45	0
TSD_DOB	100%	3,285	48,414	7,9	-1,225	0
TSD_DOE	100%	3,285	48,414	7,9	1,225	0
TSD1	100%	31,07	55,004	7,9	-1,225	0
TSD2	100%	31,07	55,004	7,9	1,225	0
Tsed	100%	68,46	60,329	4,5	0	0
ACEITE MOTOR	100%	8,447	53,1	0,762	-5,412	0
ACEITE MOTOR	100%	9,057	52,907	0,751	3,935	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	56,194	1,1	0	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	53,594	1,1	0	0
ALMAC. ACEITE	100%	6,922	51,394	1,1	0	0
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,21	48,194	1,1	0	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	44,344	1,1	-0,75	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	44,344	1,1	0,75	0
AGUA DULCE	100%	106,1	165,011	10,723	0	0
TankPIQUEPROA	0%	0	167,989	4,523	0	0
TSECO1BPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	-9,755	0
TSECO1EPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	9,755	0
TSECO2BPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	-9,77	0
TSECO2EPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	9,77	0
TSECO1B	100%	79,16	67,298	0,687	-5,741	0
TSECO1C	100%	95,66	67,206	0,663	0	0
TSECO1E	100%	79,16	67,298	0,687	5,741	0
TSECO2C	100%	101,2	80,5	0,661	0	0
TSECO3B	100%	294,1	94,334	1,577	-6,907	0
TSECO3C	100%	248,8	94,498	1,462	0	0
TSECO3E	100%	294,1	94,334	1,577	6,907	0
TSECO4B	0%	0	107,999	1,748	-6,348	0
TSECO4C	0%	0	108,477	1,473	0	0
TSECO4E	0%	0	107,999	1,748	6,348	0
TSECO5B	0%	0	121,572	1,941	-5,245	0
TSECO5C	0%	0	122,427	1,525	0	0
TSECO5E	0%	0	121,572	1,941	5,245	0
TSECO6B	0%	0	134,954	2,159	-4,211	0
TSECO6C	0%	0	136,345	1,623	0	0
TSECO6E	0%	0	134,954	2,159	4,211	0
TSECO7B	0%	0	145,82	2,474	-3,511	0
TSECO7C	0%	0	149,858	1,758	0	0
TSECO7E	0%	0	145,821	2,474	3,511	0
Tanque Antiescora B	100%	91,3	80,489	0,665	-5,767	0
Tanque Antiescora E	100%	91,3	80,489	0,665	5,767	0
	Total Weight=	11742	LCG=83,933	VCG=7,554	TCG=-0,001	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=7,554		

LASTRE SALIDA	
Draft Amidsh. m	5,041
Displacement tonne	11741
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	4,678
Draft at AP m	5,403
Draft at LCF m	5,06
Trim (+ve by stern) m	0,725
WL Length m	175,463
WL Beam m	22,921
Wetted Area m <sup>2</sup>	4100,062
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3119,601
Prismatic Coeff.	0,582
Block Coeff.	0,529
Midship Area Coeff.	0,973
Waterpl. Area Coeff.	0,776
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,187
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,633
KB m	2,887
KG fluid m	7,554
BMt m	10,131
BML m	465,328
GMt corrected m	5,465
GML corrected m	460,661
KMt m	13,017
KML m	468,215
Immersion (TPc) tonne/cm	31,982
MTc tonne.m	317,75
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1119,433
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG). Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

LASTRE SALIDA PUNTO DE INUNDACIÓN			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Ang. Inun.(°)
163,44	7,23	17,556	<b>70,7</b>



**Lastre salida (lastrado pique de proa)**

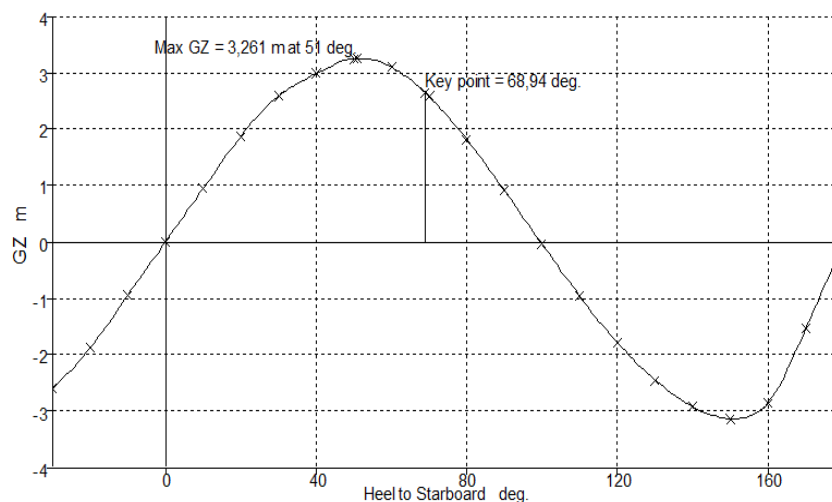
LASTRE SALIDA (+LASTRADO PIQUE DE PROA)						
Nombre	Cantidad	Masa(t)	Long.(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t·m)
Lightship	1	7418	85	9,898	0	0
Viveres 4kg/persona-día	10%	2	150,136	19,65	0	0
Cargos y pertrechos	10%	2	139,63	22,45	0	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	152,11	26,125	0	0
Elementos de estiba	100%	70	200	11,555	0	0
DC 1B	100%	167,4	67,195	5,675	-10,309	0
DC 2B	100%	185,3	80,493	5,681	-10,304	0
DC 3B	100%	183,8	94,487	5,694	-10,295	0
DC 4B	0%	0	108,42	5,758	-10,266	0
DC 5B	0%	0	123,178	6,023	-9,3	0
DC 6B	0%	0	136,522	6,315	-7,362	0
DC 7B.Superior	0%	0	150,007	7,268	-5,528	0
DC 7B.Inferior	0%	0	150,075	4,549	-3,732	0
DC 1E	100%	167,4	67,195	5,675	10,309	0
DC 2E	100%	185,3	80,493	5,681	10,304	0
DC 3E	100%	183,8	94,487	5,694	10,295	0
DC 4E	0%	0	108,42	5,758	10,266	0
DC 5E	0%	0	123,178	6,023	9,3	0
DC 6E	0%	0	136,522	6,315	7,362	0
DC 7E.Superior	0%	0	150,007	7,268	5,528	0
DC 7E.Inferior	0%	0	150,075	4,549	3,732	0
FO1 Mam. Proa CCMM	100%	324,9	62,559	5,68	0	0
FO1 DFB	100%	101,9	67,197	2,06	-5,775	0
FO1 DFC	100%	118,1	67,197	2,06	0	0
FO1 DFE	100%	101,9	67,197	2,06	5,775	0
FO2 DFB	100%	113,2	80,5	2,06	-5,775	0
FO2 DFC	100%	131,1	80,5	2,06	0	0
FO2 DFE	100%	113,2	80,5	2,06	5,775	0
TA DO	100%	54,97	59,254	4,5	0	0
TA DO	100%	23,25	59,819	4,5	-7,24	0
TA DO	100%	23,25	59,819	4,5	7,24	0
TA DO	100%	12,35	59,819	7,9	-5,45	0
TA DO	100%	12,35	59,819	7,9	5,45	0
TSD DOB	100%	3,285	48,414	7,9	-1,225	0
TSD DOE	100%	3,285	48,414	7,9	1,225	0
TSD1	100%	31,07	55,004	7,9	-1,225	0
TSD2	100%	31,07	55,004	7,9	1,225	0
Tsed	100%	68,46	60,329	4,5	0	0
ACEITE MOTOR	100%	8,447	53,1	0,762	-5,412	0
ACEITE MOTOR	100%	9,057	52,907	0,751	3,935	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	56,194	1,1	0	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	53,594	1,1	0	0
ALMAC. ACEITE	100%	6,922	51,394	1,1	0	0
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,21	48,194	1,1	0	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	44,344	1,1	-0,75	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	44,344	1,1	0,75	0
lastre1	0%	0	163,2	4,482	0	0
agua sanitaria	100%	106,1	165,011	10,723	0	0
TankPIQUEPROA	100%	206,6	167,989	4,523	0	0
TSECO1BPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	-9,755	0
TSECO1EPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	9,755	0
TSECO2BPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	-9,77	0
TSECO2EPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	9,77	0
TSECO1B	100%	79,16	67,298	0,687	-5,741	0
TSECO1C	100%	95,66	67,206	0,663	0	0
TSECO1E	100%	79,16	67,298	0,687	5,741	0
TSECO2C	100%	101,2	80,5	0,661	0	0
TSECO3B	100%	294,1	94,334	1,577	-6,907	0
TSECO3C	100%	248,8	94,498	1,462	0	0
TSECO3E	100%	294,1	94,334	1,577	6,907	0
TSECO4B	0%	0	107,999	1,748	-6,348	0
TSECO4C	0%	0	108,477	1,473	0	0
TSECO4E	0%	0	107,999	1,748	6,348	0
TSECO5B	0%	0	121,572	1,941	-5,245	0
TSECO5C	0%	0	122,427	1,525	0	0
TSECO5E	0%	0	121,572	1,941	5,245	0
TSECO6B	0%	0	134,954	2,159	-4,211	0
TSECO6C	0%	0	136,345	1,623	0	0
TSECO6E	0%	0	134,954	2,159	4,211	0
TSECO7B	0%	0	145,82	2,474	-3,511	0
TSECO7C	0%	0	149,858	1,758	0	0
TSECO7E	0%	0	145,821	2,474	3,511	0
Tanque Antiescora B	100%	91,3	80,489	0,665	-5,767	0
Tanque Antiescora E	100%	91,3	80,489	0,665	5,767	0
Total Weight=		11945	LCG=85,368	VCG=7,498	TGC=-0,001	0
FS corr.=0						
VCG fluid=7,498						



LASTRE SALIDA (+LASTRADO PIQUE PROA)	
Draft Amidsh. m	5,118
Displacement tonne	11946
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,039
Draft at AP m	5,197
Draft at LCF m	5,121
Trim (+ve by stern) m	0,158
WL Length m	175,272
WL Beam m	22,921
Wetted Area m <sup>2</sup>	4101,966
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3094,048
Prismatic Coeff.	0,588
Block Coeff.	0,559
Midship Area Coeff.	0,976
Waterpl. Area Coeff.	0,77
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,269
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-3,323
KB m	2,921
KG fluid m	7,498
BMt m	9,908
BML m	444,044
GMT corrected m	5,331
GML corrected m	439,467
KMt m	12,828
KML m	446,965
Immersion (TPc) tonne/cm	31,72
MTc tonne.m	308,43
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	1111,426
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG). Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

PUNTO DE INUNDACIÓN			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Ang. Inun.(º)
163,44	7,23	17,556	<b>68,94</b>



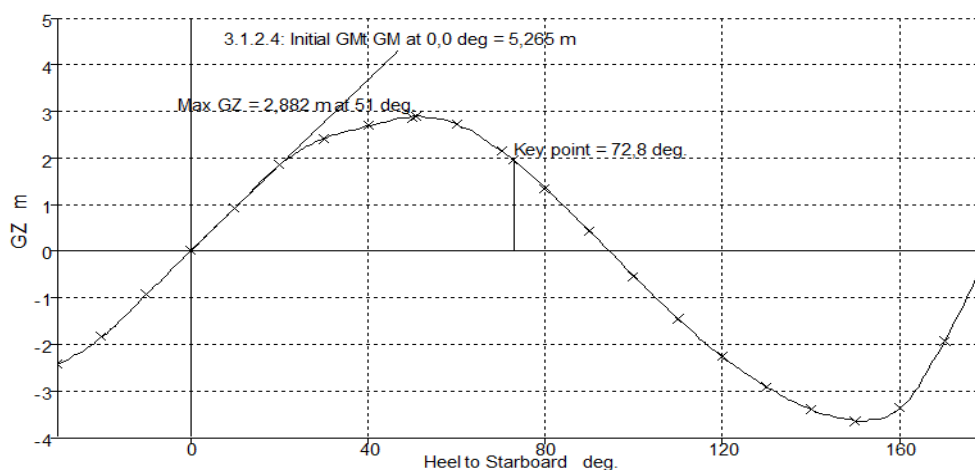
**Lastre Llegada.**

LASTRE LLEGADA						
PARTIDA	Cantidad	Masa(t)	Long.l(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t-m)
Lightship	1	7418	84,987	9,898	0	0
Viveres 4kg/persona-día	10%	2	150,123	19,65	0	0
Cargos y pertrechos	10%	2	139,617	22,45	0	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	152,097	26,125	0	0
Elementos de estiba	100%	70	199,987	11,555	0	0
agua sanitaria	10%	10,6	164,979	8,783	0	396,906
TSECO1BPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	-9,755	0
TSECO1EPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	9,755	0
TSECO2BPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	-9,77	0
TSECO2EPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	9,77	0
Tanque Antiescora B	100%	91,3	80,489	0,665	-5,767	0
Tanque Antiescora E	100%	91,3	80,489	0,665	5,767	0
DC_1B	100%	167,4	67,195	5,675	-10,309	0
DC_2B	100%	185,3	80,493	5,681	-10,304	0
DC_3B	100%	183,8	94,487	5,694	-10,295	0
DC_4B	0%	0	108,42	5,758	-10,266	0
DC_5B	0%	0	123,178	6,023	-9,3	0
DC_6B	0%	0	136,522	6,315	-7,362	0
DC_7B.Superior	0%	0	150,007	7,268	-5,528	0
DC_7B.Inferior	0%	0	150,075	4,549	-3,732	0
DC_1E	100%	167,4	67,195	5,675	10,309	0
DC_2E	100%	185,3	80,493	5,681	10,304	0
DC_3E	100%	183,8	94,487	5,694	10,295	0
DC_4E	0%	0	108,42	5,758	10,266	0
DC_5E	0%	0	123,178	6,023	9,3	0
DC_6E	0%	0	136,522	6,315	7,362	0
DC_7E.Superior	0%	0	150,007	7,268	5,528	0
DC_7E.Inferior	0%	0	150,075	4,549	3,732	0
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	0	62,559	5,68	0	0
FO1_DFB	0%	0	67,197	2,06	-5,775	0
FO1_DFC	0%	0	67,197	2,06	0	0
FO1_DFE	0%	0	67,197	2,06	5,775	0
FO2_DFB	0%	0	80,5	2,06	-5,775	0
FO2_DFC	0%	0	80,5	2,06	0	0
FO2_DFE	0%	0	80,5	2,06	5,775	0
TA_DO	0%	0	59,254	4,5	0	0
TA_DO	0%	0	59,819	4,5	-7,24	0
TA_DO	0%	0	59,819	4,5	7,24	0
TA_DO	27%	3,335	59,819	7,462	-5,45	32,508
TA_DO	27%	3,335	59,819	7,462	5,45	32,508
TSD_DOB	100%	3,285	48,414	7,9	-1,225	0
TSD_DOE	100%	3,285	48,414	7,9	1,225	0
TSD1	100%	31,07	55,004	7,9	-1,225	0
TSD2	100%	31,07	55,004	7,9	1,225	0
Tsed	75%	51,35	60,329	3,8	0	155,973
ACEITE MOTOR	100%	8,447	53,1	0,762	-5,412	0
ACEITE MOTOR	100%	9,057	52,907	0,751	3,935	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	56,194	1,1	0	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	53,594	1,1	0	0
ALMAC. ACEITE	95%	6,576	51,394	1,07	0	4,554
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,21	48,194	1,1	0	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	44,344	1,1	-0,75	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	44,344	1,1	0,75	0
lastre1	0%	0	163,2	4,482	0	0
TankPIQUEPROA	0%	0	167,989	4,523	0	0
TSECO1B	100%	79,16	67,298	0,687	-5,741	0
TSECO1C	100%	95,66	67,206	0,663	0	0
TSECO1E	100%	79,16	67,298	0,687	5,741	0
TSECO2C	100%	101,2	80,5	0,661	0	0
TSECO3B	100%	294,1	94,334	1,577	-6,907	0
TSECO3C	100%	248,8	94,498	1,462	0	0
TSECO3E	100%	294,1	94,334	1,577	6,907	0
TSECO4B	0%	0	107,999	1,748	-6,348	0
TSECO4C	0%	0	108,477	1,473	0	0
TSECO4E	0%	0	107,999	1,748	6,348	0
TSECO5B	0%	0	121,572	1,941	-5,245	0
TSECO5C	0%	0	122,427	1,525	0	0
TSECO5E	0%	0	121,572	1,941	5,245	0
TSECO6B	0%	0	134,954	2,159	-4,211	0
TSECO6C	0%	0	136,345	1,623	0	0
TSECO6E	0%	0	134,954	2,159	4,211	0
TSECO7B	0%	0	145,82	2,474	-3,511	0
TSECO7C	0%	0	149,858	1,758	0	0
TSECO7E	0%	0	145,821	2,474	3,511	0
Total Weight=	10502	LCG=84,773	VCG=7,962	TCG=-0,001	622,449	
FS corr.=0,059						
VCG fluid=8,022						

LASTRE LLEGADA	
Draft Amidsh. m	4,648
Displacement tonne	10503
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	4,384
Draft at AP m	4,912
Draft at LCF m	4,655
Trim (+ve by stern) m	0,528
WL Length m	175,072
WL Beam m	22,93
Wetted Area m <sup>2</sup>	3850,906
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2972,081
Prismatic Coeff.	0,569
Block Coeff.	0,521
Midship Area Coeff.	0,971
Waterpl. Area Coeff.	0,74
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,35
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,418
KB m	2,652
KG fluid m	8,022
BMt m	10,634
BML m	457,842
GMt corrected m	5,264
GML corrected m	452,472
KMt m	13,286
KML m	460,494
Immersion (TPc) tonne/cm	30,47
MTc tonne.m	279,181
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	964,948
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG).  
Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

LASTRE LLEGADA PUNTO DE INUNDACIÓN			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Ang. Inun.(º)
163,44	7,23	17,556	<b>72,8</b>



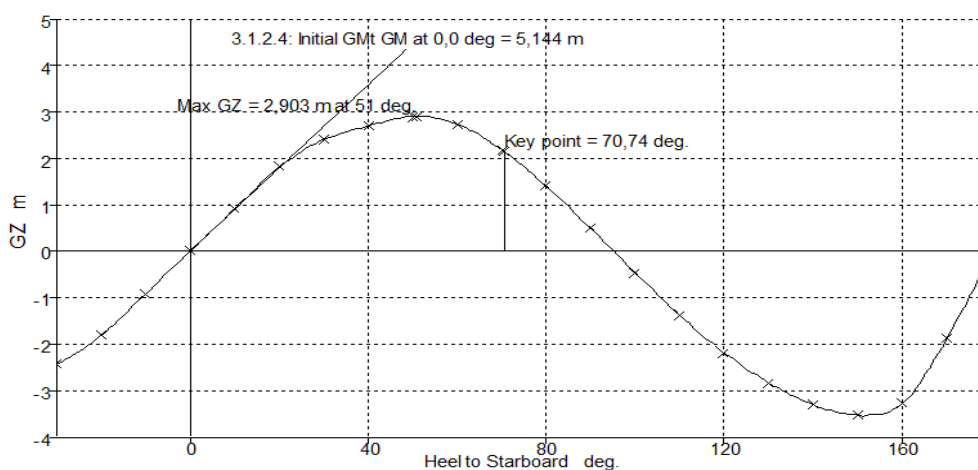
**Lastre Llegada (lastrado pique de proa)**

LASTRE LLEGADA (+LASTRADO PIQUE PROA)						
PARTIDA	Cantidad	Masa(t)	Long.l(m)	Trans (m)	Vert. (m)	FSM (t-m)
Lightship	1	7418	84,987	9,898	0	0
Viveres 4kg/persona-día	10%	2	150,123	19,65	0	0
Cargos y pertrechos	10%	2	139,617	22,45	0	0
Tripulación 100-125kg/persona	100%	3	152,097	26,125	0	0
Elementos de estiba	100%	70	199,987	11,555	0	0
agua sanitaria	10%	10,6	164,979	8,783	0	396,906
TSECO1BPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	-9,755	0
TSECO1EPANTOQUE	100%	84,89	67,344	1,694	9,755	0
TSECO2BPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	-9,77	0
TSECO2EPANTOQUE	100%	99,85	80,484	1,633	9,77	0
Tanque Antiescora B	100%	91,3	80,489	0,665	-5,767	0
Tanque Antiescora E	100%	91,3	80,489	0,665	5,767	0
DC_1B	100%	167,4	67,195	5,675	-10,309	0
DC_2B	100%	185,3	80,493	5,681	-10,304	0
DC_3B	100%	183,8	94,487	5,694	-10,295	0
DC_4B	0%	0	108,42	5,758	-10,266	0
DC_5B	0%	0	123,178	6,023	-9,3	0
DC_6B	0%	0	136,522	6,315	-7,362	0
DC_7B.Superior	0%	0	150,007	7,268	-5,528	0
DC_7B.Inferior	0%	0	150,075	4,549	-3,732	0
DC_1E	100%	167,4	67,195	5,675	10,309	0
DC_2E	100%	185,3	80,493	5,681	10,304	0
DC_3E	100%	183,8	94,487	5,694	10,295	0
DC_4E	0%	0	108,42	5,758	10,266	0
DC_5E	0%	0	123,178	6,023	9,3	0
DC_6E	0%	0	136,522	6,315	7,362	0
DC_7E.Superior	0%	0	150,007	7,268	5,528	0
DC_7E.Inferior	0%	0	150,075	4,549	3,732	0
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	0	62,559	5,68	0	0
FO1_DFB	0%	0	67,197	2,06	-5,775	0
FO1_DFC	0%	0	67,197	2,06	0	0
FO1_DFE	0%	0	67,197	2,06	5,775	0
FO2_DFB	0%	0	80,5	2,06	-5,775	0
FO2_DFC	0%	0	80,5	2,06	0	0
FO2_DFE	0%	0	80,5	2,06	5,775	0
TA_DO	0%	0	59,254	4,5	0	0
TA_DO	0%	0	59,819	4,5	-7,24	0
TA_DO	0%	0	59,819	4,5	7,24	0
TA_DO	27%	3,335	59,819	7,462	-5,45	32,508
TA_DO	27%	3,335	59,819	7,462	5,45	32,508
TSD_DOB	100%	3,285	48,414	7,9	-1,225	0
TSD_DOE	100%	3,285	48,414	7,9	1,225	0
TSD1	100%	31,07	55,004	7,9	-1,225	0
TSD2	100%	31,07	55,004	7,9	1,225	0
Tsed	75%	51,35	60,329	3,8	0	155,973
ACEITE MOTOR	100%	8,447	53,1	0,762	-5,412	0
ACEITE MOTOR	100%	9,057	52,907	0,751	3,935	0
AGUA CILINDROS	100%	4,788	56,194	1,1	0	0
ACEITE SUCIO	100%	6,922	53,594	1,1	0	0
ALMAC. ACEITE	95%	6,576	51,394	1,07	0	4,554
AGUAS ACEITOSAS	100%	13,21	48,194	1,1	0	0
DERR. BAD. F.O.	100%	3,391	44,344	1,1	-0,75	0
DERR. BAD. ACEITE	100%	3,304	44,344	1,1	0,75	0
lastre1	0%	0	163,2	4,482	0	0
TankPIQUEPROA	100%	206,6	167,989	4,523	0	0
TSECO1B	100%	79,16	67,298	0,687	-5,741	0
TSECO1C	100%	95,66	67,206	0,663	0	0
TSECO1E	100%	79,16	67,298	0,687	5,741	0
TSECO2C	100%	101,2	80,5	0,661	0	0
TSECO3B	100%	294,1	94,334	1,577	-6,907	0
TSECO3C	100%	248,8	94,498	1,462	0	0
TSECO3E	100%	294,1	94,334	1,577	6,907	0
TSECO4B	0%	0	107,999	1,748	-6,348	0
TSECO4C	0%	0	108,477	1,473	0	0
TSECO4E	0%	0	107,999	1,748	6,348	0
TSECO5B	0%	0	121,572	1,941	-5,245	0
TSECO5C	0%	0	122,427	1,525	0	0
TSECO5E	0%	0	121,572	1,941	5,245	0
TSECO6B	0%	0	134,954	2,159	-4,211	0
TSECO6C	0%	0	136,345	1,623	0	0
TSECO6E	0%	0	134,954	2,159	4,211	0
TSECO7B	0%	0	145,82	2,474	-3,511	0
TSECO7C	0%	0	149,858	1,758	0	0
TSECO7E	0%	0	145,821	2,474	3,511	0
Total Weight=	10708	LCG=86,379	VCG=7,896	TCG=-0,001	622,449	
			FS corr.=0,058			
			VCG fluid=7,954			

LASTRE LLEGADA (+LASTRE PIQUE PROA)	
Draft Amidsh. m	4,722
Displacement tonne	10708
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	4,774
Draft at AP m	4,67
Draft at LCF m	4,721
Trim (+ve by stern) m	-0,104
WL Length m	174,924
WL Beam m	22,93
Wetted Area m <sup>2</sup>	3858,278
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2954,397
Prismatic Coeff.	0,575
Block Coeff.	0,552
Midship Area Coeff.	0,974
Waterpl. Area Coeff.	0,737
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	1,272
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,167
KB m	2,689
KG fluid m	7,954
BMt m	10,409
BML m	438,757
GMt corrected m	5,144
GML corrected m	433,491
KMt m	13,098
KML m	441,446
Immersion (TPc) tonne/cm	30,288
MTc tonne.m	272,693
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	961,287
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Se ha supuesto como punto de inundación la ventilación de garajes (ver plano de DG). Las coordenadas de la misma así como el ángulo de inundación son las siguientes:

LASTRE LLEGADA (+LASTRE PIQUE PROA) PUNTO DE INUNDACIÓN			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Ang. Inun.(º)
163,44	7,23	17,556	<b>70,74</b>





## 6 Cálculo de Francobordo

### 6.1 Introducción

En este documento se lleva a cabo el cálculo del francobordo y del arqueo del buque.

Para el cálculo del francobordo se utiliza el Convenio internacional sobre líneas de carga, 1966, modificado por el protocolo de 1988 relativo al mismo, enmendado.

### 6.2 Cálculo del francobordo

El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

La cubierta de este buque es la definida en el documento de disposición general, es decir la cubierta situada a 8500 mm de línea base, que a pesar de no ser la cubierta más alta expuesta a la mar y a la intemperie (cubierta situada a 14140 mm sobre la línea de base), no está en contradicción con la Regla 39, ya que es una cubierta inferior a la anterior, completa y permanente, continua de proa a popa y de banda a banda (la rampa de acceso a la bodega será móvil y estanca); de este modo, la parte de casco que se extiende por encima por encima de dicha cubierta se considerará como superestructura en lo que respecta al cálculo de francobordo. En caso del buque proyecto, consideramos como superestructura la comprendida entre 8500 mm y 14140 mm sobre la línea de base.

Los datos necesarios para el cálculo de francobordo son los siguientes:

- **Eslora de francobordo (L):** Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.

96 % L (L al 85% de d)	$171.9 \cdot 0.96 = 165 \text{ m}$
L entre Pp. al 5% de d	166.93 m

- **Centro del buque:** Punto medio de la eslora L.
- **Manga de trazado (B):** La manga de trazado (B) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna.

Manga B (m)
22,9

- **Puntal de trazado (d):** El puntal de trazado será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$d = 8500 \text{ mm}$$

- **Puntal de francobordo (D):** El puntal de francobordo (D) será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = d + \text{espesor de plancha} = 8500 + 12 = 8512 \text{ mm}$$

- **Coefficiente del bloque (Cb):** Será el coeficiente del bloque correspondiente a una línea de flotación situada a una distancia igual al 85% del puntal de trazado (7225 mm).

De las hidrostáticas de cada una de las alternativas hemos obtenido el Cb al 85% del puntal de trazado (7225 mm). Los resultados han sido los siguientes:

Cb
0,656

### 6.3 Francobordo tabular

El buque proyecto es un buque tipo B por lo que el francobordo tabular se obtiene de la Tabla 28.2 del Capítulo II del Anexo I (LL 66/88). Interpolando tendremos los valores buscados.

L (m)	Francob.(mm)
166	2640
166,93	2659
167	2660

### 6.4 Correcciones

#### 6.4.1 Regla 29 – Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m.

No aplicable.

#### 6.4.2 Regla 30 – Corrección por coeficiente del bloque

Esta corrección tampoco es aplicable por que solo se efectúa cuando el coeficiente de bloque (Cb) es superior a 0,68.

Cb
0,656

#### 6.4.3 Regla 31 – Corrección por puntal

Eslora L (m)	166,93
Puntal Franc. D (m)	8,512
R	250
$(D - L/15)R$ (mm)	-654

#### 6.4.4 Regla 32 – Corrección por la posición de la línea de cubierta

Esta corrección no aplica.

#### 6.4.5 Regla 32-1 – Corrección por nicho en la cubierta de francobordo

Esta corrección no aplica.

#### 6.4.6 Regla 37 – Reducción por superestructuras y troncos

Como ya se indicó en el caso del buque proyecto, consideramos como superestructura la comprendida entre 8500 mm y 14140 mm sobre la línea de base. Según la Regla 35, su longitud efectiva deberá ser obtenida aplicando la Regla 34.1 dado que la altura real de la superestructura considerada es superior a la normal (Regla 33). Luego, teniendo en cuenta la Regla 34.1 la longitud efectiva de la superestructura es L, según alternativa.

longitud efectiva de superestructura = L	166,93 m
--	----------

Teniendo en cuenta dicha longitud efectiva, por la Regla 37 tenemos que la reducción de francobordo por superestructura es de 1070 mm en las tres alternativas dado que en todas ellas la longitud efectiva es superior a 122 m.

#### 6.4.7 Regla 38 – Corrección por variaciones respecto la curva de arrufo normal.

El buque proyecto no tiene arrufo, por lo que las 7 ordenadas que definen la curva real de arrufo del buque tienen valor cero.

Pero, dado que en el francobordo estamos metiendo una superestructura, deberemos tener en cuenta el punto 5) de esta regla, según el cual en buques con una superestructura cuya altura real exceda de la normal, la diferencia mínima (Z) entre las alturas real y normal se añadirá a cada una de las ordenadas extremas. Análogamente, las ordenadas intermedias, a distancias de  $1/6 L$  y  $1/3 L$  de cada una de las perpendiculares, se incrementarán en  $0,444 Z$  y  $0,111 Z$ , respectivamente.

Según la Regla 33, la altura normal de la superestructura es 2,3 m, por lo que Z es igual a:

$$Z = 5640 \text{ m} - 2300 \text{ m} = 3340 \text{ m}$$

En la tabla ... se presenta las ordenas de la curva real corregida.





De la aplicación de Regla 38.8 obtenemos los valores de las ordenadas de la curva de arrufo normal. La siguiente tabla recoge dichos valores y los valores de las ordenadas de la curva real, así como modo de cálculo:

	Situación	Ordena (en mm)			Regla 38.8 Curva de arrufo normal (ord. mm)
		Arr. Real corr.	Arr. Normal		
Mitad de popa	Perpendicular de popa	Z	3340	$25 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1641
	1/6 L desde la P. de Pp.	0,444 · Z	1483	$11,1 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	729
	1/3 L desde la P. de Pp.	0,111 · Z	371	$2,8 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	184
	Centro del buque	0	0	0	0
Mitad de proa	Centro del buque	0	0	0	0
	1/3 L desde la P. de Pr.	0,111 · Z	371	$5,6 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	368
	1/6 L desde la P. de Pr.	0,444 · Z	1483	$22,2 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1457
	Perpendicular de proa	Z	3340	$50 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3282



A continuación se realiza la medida de la variación respecto a la curva de arrufo normal mediante la aplicación de la Regla 38.9. En la siguiente tabla resumimos los resultados de dichos cálculos.

	Curvas de arrufo (ord. mm) x Factor				
	Normal	Real (mm)	Normal (mm)	Real (mm)	Exceso o defecto de arrufo (mm)
Mitad de popa	1641	3340	4378	8901	565
	2186	4449			
	551	1112			
	0	0			
Mitad de proa	0	0	8757	8901	18
	1103	1112			
	4372	4449			
	3282	3340			

En lo que sigue, se presenta la tabla que recoge las correcciones por variaciones respecto de la curva de arrufo normal (Regla 38.14). De todas solo serán aplicables la que se prescriben en la Regla 38.15 junto con 38.10 y la Regla 38.16 junto con 38.11, siendo estas las marcadas en recuadro verde.

Correcciones (únicamente aplican las recuadradas en verde)		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
141	157	131
5	35	-17

Luego el francobordo en 5 mm.



#### 6.4.8 Francobordo geométrico

Corrección	Francobordo tabular (mm)	2659
	por puntal (mm)	-654
	por superestructura (mm)	-1070
	por variación respecto curva de arrufo (mm)	-5
	Franbordo. Geométrico mínimo (mm)	930

#### 6.4.9 Francobordo por estabilidad y por escantillonado

El francobordo por estabilidad es 2320 mm y el de escantillonado es 2220 mm, luego el francobordo de verano es 2320mm.

A continuación obtenemos los distintos francobordos:

##### Francobordo de verano (V):

$$\text{Francobordo verano} = 2320 \text{ mm}$$

##### Francobordo tropical (T):

El francobordo mínimo en la zona tropical es el francobordo que resulta de reducir el francobordo de verano en un valor igual a una 48 parte del calado de verano, es decir:

$$Fb_{tropical} = Fb_v - T_v/48$$

$$Fb_T = 2320 - 6180/48 = 2191 \text{ mm}$$

##### Francobordo de invierno (I):

Es igual al francobordo de verano incrementado en  $T_v/48$ , luego:

$$Fb_I = 2320 + 6180/48 = 2449 \text{ mm}$$

##### Francobordo para el Atlántico Norte, Invierno (ANI):

Al ser la eslora superior a 100 metros, según la Regla 40, el francobordo para el Atlántico Norte invierno será el francobordo de invierno.

$$Fb_{ANI} = 2449 \text{ mm}$$

##### Francobordo mínimo de agua dulce (D):

El francobordo mínimo en agua dulce se obtiene restando del francobordo mínimo en agua salada el valor  $\Delta/40 \cdot T$  (cm) donde  $\Delta$  es el desplazamiento en agua salada al



calado de verano, en toneladas, y  $T$  las toneladas por centímetro de inmersión en agua salada al mismo calado.

$$Fb_D = Fb_V - \Delta/40 \cdot T$$

$$Fb_D = 2320 - 15842/40 \cdot 35,706 = 2309 \text{ mm}$$

#### Francobordo agua dulce tropical (TD):

El francobordo para agua dulce tropical será:

$$Fb_{TD} = Fb_D - T_v/48$$

$$Fb_{TD} = 2309 - 6180/48 = 2180 \text{ mm}$$

#### Verificación de la Regla 39 del Convenio de Líneas de Carga

Según la Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva, la altura de proa ( $F_b$ ), definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$F_b = (6075(L/100) - 1875(L/100)^2 + 200(L/100)^3) \times (2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129(L/d_1))$$

siendo:

$F_b$  la altura mínima de proa calculada, en mm;

$L$  la eslora definida en la regla 3, en m;

$B$  la manga de trazado definida en la regla 3, en m;

$d_1$  el calado en el 85% del puntal mínimo de trazado, en m;

$C_b$  el coeficiente de bloque definido en la regla 3;

$C_{wf}$  el coeficiente del área de la flotación a proa de  $L/2$ :  $C_{wf} = A_{wf} / \{(L/2) \times B\}$ ; y



$A_{wf}$  el área de la flotación a proa de  $L/2$  para el calado  $d_1$ , en  $m^2$ .

Como resultado del cálculo se ha obtenido los siguiente:

L (m)	166,93
Cb	0,656
Cwf	0,942
d1 (mm)	7225
Fb (mm)	5669

Por lo que se cumple con la misma.

## 6.5 Resumen de líneas de máxima carga

A continuación se resume las líneas de carga prescritas según el Convenio internacional de Líneas de carga:

Verano	2320 mm
Tropical	2191 mm
Invierno	2449 mm
Atlántico Norte Invierno	2449 mm
Agua Dulce	2309 mm
Agua Dulce Tropical	2180 mm



## 7 Cálculo de Arqueo

El concepto de arqueo indica el tamaño del buque y se emplea para determinar reglamentariamente muchas de sus características técnicas y para aplicar las tarifas de uso de puertos, canales, remolcadores, etc.

El arqueo se calcula por el Convenio Internacional sobre Arque de Buques, 1969.

En el arqueo se distinguen dos valores, llamados arqueo bruto y arqueo neto, con los que intenta definir el tamaño total del buque y su tamaño utilizable respectivamente.

A continuación se procede a hacer una breve descripción de los mismos y a calcular el valor de los mismos.

### 7.1 Arqueo Bruto

El arqueo bruto es la medida del volumen total del buque. Según Convenio, para el cálculo de este se ha de utilizar la siguiente expresión:

$$GT = K1 \cdot V$$

Donde:

- V: Volumen total interior
- $K1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$

Con lo que se obtiene, que;

ARQUEO BRUTO	
V (m3)	50715
K1	0,29
GT	14915

### 7.2 Arque Neto

El arque neto es la medida del volumen de todos los espacios del buque que sean aptos para fines comerciales, es decir, excluyendo de los mismos los espacios destinados a los alojamientos y servicios de de la tripulación, la cámara de máquinas, los ocupados por el equipo de gobierno, fondeo, amarre y remolque, así como pañoles u otros espacios similares.

Según se define en la regla 3.1 del Convenio Internacional sobre Arque de Buques, 1969, se entiende como volumen total de espacios de carga, los espacios cerrados adecuados para el transporte de la carga que ha de descargarse del buque a condición de que dichos espacios hayan sido incluidos en el cálculo del arqueo bruto.

Para el cálculo del arqueo neto, el indicado convenio da, mediante la regla 4, la siguiente expresión:

$$NT = K2 \cdot VC \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K3 \cdot \left(N1 + \frac{N2}{10}\right)$$

Donde:

- El factor  $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$  no se tomará superior a 1;
- el término  $K2 \cdot VC \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$  no se tomará inferior a  $0,25 \cdot GT$ , y;
- NT no se tomará inferior a  $0,30 \cdot GT$ , y;
- VC: Volumen total de los espacios de carga en metros cúbicos;
- $K2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} VC$ ;
- $K3 = 1,25 \cdot \left(\frac{GT+10000}{10000}\right)$ ;
- D: Puntal de trazado en metros;
- d: Calado de trazado en metros;
- N1: Número de pasajeros en camarotes que no tengan más de ocho literas;
- N2: Resto de pasajeros

De la aplicación de la misma resulta:

ARQUEO NETO	
VC (m3)	20231
K2	0,2861
GT	14915
K3	3,1144
d (m)	6,18
D (m)	14,14
$(4 \cdot d / 3 \cdot D)^2$	0,3396
$K2 \cdot VC \cdot (4 \cdot d / 3 \cdot D)^2$	1965,70016
$0,25 \cdot GT$	3729
N1	0
N2	0
NT	3729
$0,30 \cdot GT$	4475
NT	4475







UPM-ETSIN



# Cálculo de Potencia. Proyecto de Propulsores y Timones

---

PFC nº 10 – Cuaderno 6

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1 Resumen.....	3
2 Introducción:.....	4
3 Predicción de la Potencia de Remolque.....	5
3.1 Resistencia al avance en aguas tranquilas.....	5
3.2 Datos de entrada correspondientes a los apéndices.....	7
4 Definición del conjunto propulsivo a instalar.....	9
4.1 Elección del número de líneas de ejes.....	9
4.2 Criterio de selección del propulsor.....	11
5 Propulsores.....	11
5.1 Generalidades sobre hélices.....	11
5.2 Diámetro máximo de los propulsores.....	13
5.3 Cálculo del propulsor óptimo y la potencia necesaria por eje.....	15
6 Timones.....	19
6.1 Fundamento físico de los timones.....	19
6.2 Número de timones a instalar.....	20
6.3 Tipo de timón elegido.....	20
6.4 Diseño del timón.....	22
6.4.1 Indicadores de buena maniobrabilidad:.....	23
6.4.2 Generación de timones por variaciones sucesivas:.....	26
7 Cálculo de la potencia nominal de la planta propulsora.....	35
8 Perfil del Codaste con Propulsores y Timones.....	37
9 Bibliografía.....	38



## 1 Resumen

En el presente cuaderno se ha determinado la potencia propulsora necesaria para dar la velocidad de proyecto en aguas tranquilas, así como el diseño de los propulsores, los timones y la elección de los motores necesarios.

A forma de resumen incluimos aquí las características de nuestro buque.

La velocidad de proyecto es de 18 nudos, para dar esta velocidad al 85% del MCR, se han decidido instalar dos hélices de paso variable de cuatro palas, cada una con su correspondiente timón a popa. Cada una de ellas es arrastrada por un motor Wärtsila 38 semi-rápido de 8 cilindros en línea a 600 rpm cuya potencia nominal es de 5800 kW (7888 CV), engranados a reductoras de relación 5,83:1.

Para las necesidades de generación de energía eléctrica en navegación, se disponen dos PTOs, una por eje propulsor, con una potencia cada una de 750 kW, configurando una cámara de máquinas con una potencia instalada total de 11.600 kW (15.776 CV). Para el sistema de maniobra se instalan dos servomotores de 34kW de potencia cada uno y una hélice de maniobra de 600kW que es alimentada eléctricamente.



## 2 Introducción:

El objetivo del presente Cuaderno es realizar el dimensionamiento de la planta propulsora del buque proyecto. Para ello se ha seguido la siguiente metodología:

1. Se comienza realizando una estimación de la potencia necesaria para cumplir los requisitos de proyecto en cuanto a velocidad. Dicha estimación se realizará mediante el método de Holtrop-Mennen.
2. Se continúa, definiendo el conjunto propulsivo, es decir: número de ejes, número de motores por línea de ejes y tipo de propulsores.
3. Posteriormente, se calcula la hélice, estudiando las distintas posibilidades y escogiendo la más adecuada.
4. Una vez determinado el conjunto propulsivo, se diseña el equipo de gobierno del buque, definiendo el timón según las directrices propuestas por D. A. Baquero en su Tesis Doctoral.
5. Conocido el sistema de gobierno, se lleva a cabo un estudio de las características de maniobrabilidad de que dispone el buque proyecto. Para ello, se utiliza un método teórico que emplea las dimensiones principales y los coeficientes hidrodinámicos del buque, así como las características geométricas del timón.
6. Se adjuntan los planos definitivos del perfil del codaste con los propulsores, ejes, arbotantes y timones.

Tanto el sistema propulsor, como el de gobierno, deben cumplir los requisitos establecidos en el reglamento de Bureau Veritas (BV).



## 3 Predicción de la Potencia de Remolque

### 3.1 Resistencia al avance en aguas tranquilas.

Para dimensionar la planta propulsora de un buque el primer paso que debemos hacer es el de calcular la resistencia al avance que ofrece nuestro casco al avanzar a través del agua a una velocidad determinada, que suele venir determinada por el armador, en nuestro caso, 18kn.

La resistencia total del buque,  $R_T$ , se compone de;

$$R_T = R_v + R_w + R_r = R_v + R_w + R_{ap} + R_{bulb} + R_{espejo} + R_{ca}$$

$R_v$  se refiere a la resistencia de origen viscoso, que incluye fenómenos de resistencia debidos a la fricción entre casco y fluido y la resistencia de presión de origen viscoso.

$R_w$  es la resistencia por formación de olas en la superficie libre del fluido.

$R_r$  es la resistencia residual que engloba a las componentes de la resistencia, debidas a los apéndices  $R_{ap}$ , al bulbo  $R_{bulb}$ , al espejo de popa,  $R_{espejo}$ , y a la resistencia de correlación,  $R_{ca}$ .

La determinación de la resistencia al avance que ofrece una carena cuando se desplaza por el agua es un problema matemático de gran complejidad, no existiendo actualmente modelos puramente teóricos que permitan determinarla con una fiabilidad aceptable.

En la actualidad, existen varias alternativas para estimar la resistencia al avance de un buque, como son, entre otras:

- Ensayos de canal, realizando correlaciones modelo-buque.
- Métodos estadísticos.
- CFD's.

En las primeras etapas del proyecto de un buque es necesario disponer, de manera rápida y con



la mayor fiabilidad posible, una estimación de la potencia propulsora. Para lo cual, en base a la estadística, se evalúan tanto la resistencia al avance como los valores de los coeficientes propulsivos de estela a identidad de empuje, de succión y de rendimiento rotativo relativo.

La potencia de remolque (EHP) necesaria, se estima utilizando el método de Holtrop y Mennen, con las correcciones de 1984.

Los requisitos que debe cumplir la carena de nuestro buque, para poder aplicar este método estadístico son los siguientes:

$$F_n < 0,45 \quad 0,55 < C_p < 0,85 \quad 3,9 < \frac{L_{pp}}{B} < 9,5$$

A continuación recogemos los datos hidrostáticos de la carena, que vamos a necesitar para utilizar el método de Holtrop-Mennen.

HIDROSTATICAS		
	FORMAS	
Displacement	15373,57	tonne
Volume	14998,60	m <sup>3</sup>
Draft to Baseline	6,18	m
Immersed depth	6,18	m
Lwl	174,73	m
Lpp	170,18	m
Beam wl	22,90	m
WSA	5104,61	m <sup>2</sup>
Max cross sect area	137,28	m <sup>2</sup>
Waterplane area	3416,42	m <sup>2</sup>
Cp	0,63	
Cb	0,61	
Cm	0,98	
Cwp	0,85	
LCB from zero pt	84,34	m
LCF from zero pt	77,02	m
KB	3,54	m
BMt	8,86	m



HIDROSTATICAS		
BMI	453,75	m
KMt	12,40	m
KMI	457,29	m
Immersion (TPc)	35,02	tonne/cm
MTc	402,29	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	3327,75	tonne.m
Precision	Highest	200 stations
Densidad agua de mar	1025	kg/m3

Comprobamos que estamos dentro de los rangos que pide el método de Holtrop-Mennen.

$$Fr = \frac{V_{pruebas}}{\sqrt{g \cdot L_{wl}}} \leq 0,45$$

$$Fr = 0,22$$

$$0,55 < C_p < 0,85$$

$$C_p = 0,63$$

$$3,9 < \frac{L_{pp}}{B} < 9,5$$

$$L_{pp}/B = 7,43$$

Luego, vemos que estamos dentro de los intervalos pedidos para aplicar Holtrop.

### 3.2 Datos de entrada correspondientes a los apéndices.

- Área de timón,  $A_t = 19,58 \text{ m}^2$
- Coeficiente de resistencia del timón,  $1 + k_2 = 1,75$

También deberán considerarse las hélices transversales de maniobra, en nuestro caso una,

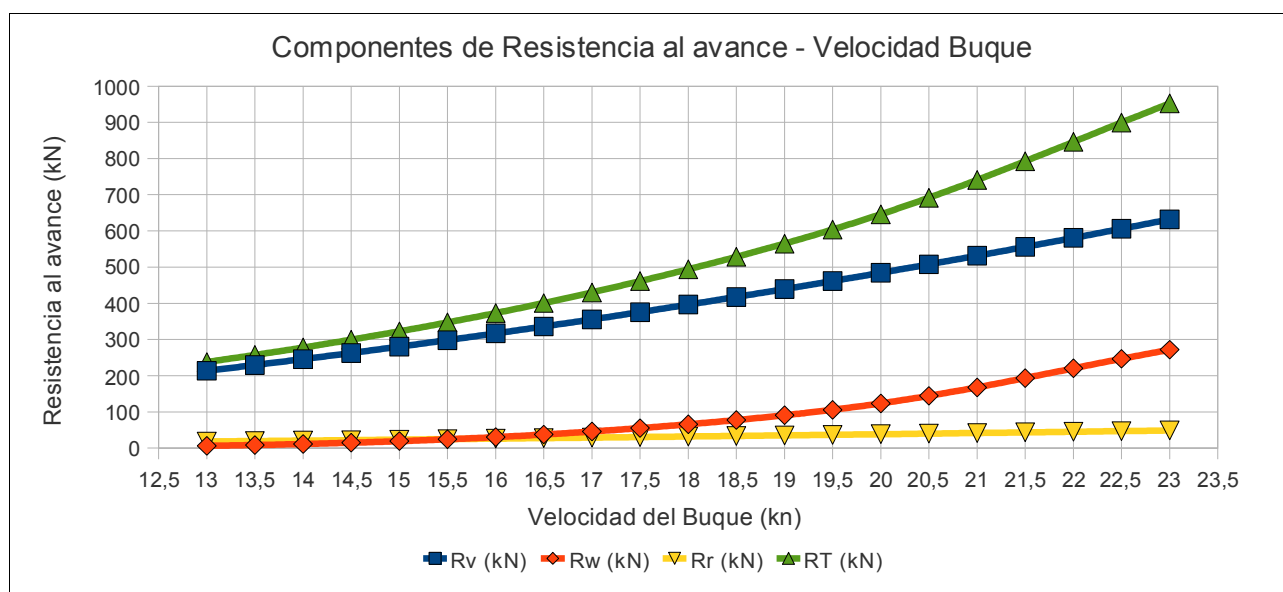
- Diámetro de hélice maniobra,  $D = 1,315 \text{ m}$  ,

- Coeficiente de resistencia del túnel,  $CBTO=0,003$
- Se toma la rugosidad del casco como 150 micras, según las recomendaciones.

Asimismo, tendremos que tener en cuenta los siguientes parámetros:

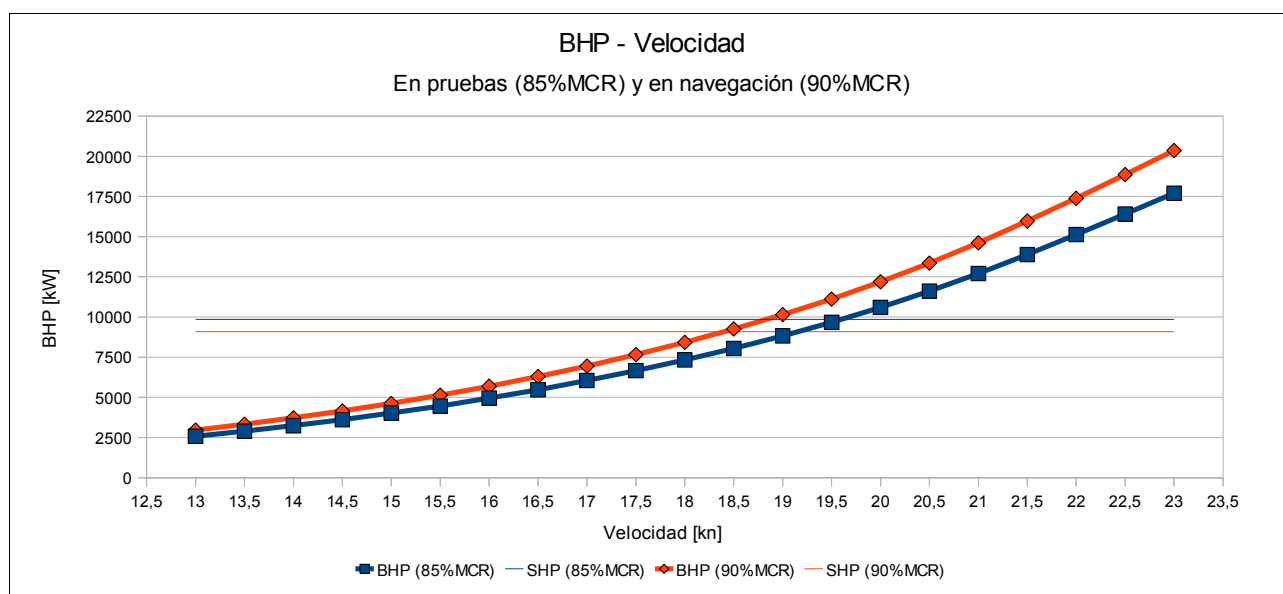
- Semiángulo de entrada en la flotación,  $\alpha=16,91^\circ$
- Área transversal del bulbo en la perpendicular de proa,  $A_{b20}=15,14\text{ m}^2$
- Altura del centro de gravedad del  $A_{b20}$ ,  $H_{b20}=4,08\text{ m}$

Los valores de las distintas componentes de la resistencia al avance se pueden ver en la siguiente gráfica, obtenida a partir de Maxsurf.



En la siguiente gráfica puede verse la evolución de la demanda de potencia en función de la velocidad en las condiciones de navegación y pruebas. En navegación el barco debe dar la autonomía a un régimen del 90% del MCR como máximo con un margen de mar del 15%.





## 4 Definición del conjunto propulsivo a instalar.

### 4.1 Elección del número de líneas de ejes.

El número de líneas de ejes a instalar viene determinado principalmente por dos motivos:

1. Calado mínimo de funcionamiento del buque.
2. Las necesidades de potencia a instalar y los motores disponibles.

- ✓ El calado mínimo nos restringe el diámetro máximo de las hélices propulsoras, por lo que podemos encontrarnos con que para absorber la potencia necesaria con una sola línea de ejes, la hélice necesaria tenga un diámetro mayor que el máximo permitido por el calado y los huelgos mínimos del codaste.

Hay que recordar que la inmersión mínima recomendada del punto más alto del propulsor es de 1/10 del Diámetro, buscando evitar así problemas de cavitación.

Este calado mínimo, en el caso de montar una sola línea de ejes podría llevarnos a una hélice menor y más revolucionada con la consecuente pérdida de rendimiento propulsivo.

- ✓ En cuanto a las necesidades de potencia a instalar y los motores disponibles, cabe señalar



que un motor diésel lento, tiene unas necesidades de espacio asociadas, que no pueden ser satisfechas por este tipo de buques. La solución suele tender a instalar dos o cuatro motores de cuatro tiempos, semi-rápidos, que son más pequeños.

En principio esta es la configuración que adoptaremos en nuestro buque:

- Dos líneas de ejes que arrastrarán 2 propulsores de paso variable, separadas por un quillote central.
- Dos motores de 4 tiempos engranados a sendas reductoras.

Ventajas que ofrece esta disposición.

- ✓ Mayor maniobrabilidad.
- ✓ Mayor operatividad en caso de parada de un motor o avería en una hélice.
- ✓ Hélices menos cargadas.
- ✓ El rendimiento de las hélices puede aumentar al estar más alejadas del casco inmersas en un campo de estelas más uniforme.
- ✓ Mayor seguridad.

Inconvenientes de la disposición elegida.

- x Más cara a priori.
- x Más necesidades de aceite lubricante.
- x Mayor mantenimiento.
- x Sistema hidráulico de control del paso de las hélices.



## 4.2 Criterio de selección del propulsor.

Nuestro buque llevará instaladas dos hélices de palas orientables, ya que así conseguimos la independencia de las revoluciones de los propulsores y la potencia absorbida de los motores principales.

Según la orientación de las palas, varía el ángulo de ataque de éstas y asimismo el empuje y el par en la hélice, sin variar las revoluciones del motor. Estas hélices permiten incluso no tener que disponer de motores reversibles, ya que para maniobrar marcha atrás basta con invertir la posición de las palas. Es importante para ello cerciorarse de que al invertir la marcha las palas no choquen entre sí, es por ello que se recomienda que la hélice elegida no posea una relación  $A_e/A_o$  superior a 0,7.

Además estos propulsores combinados con un sistema de control de la velocidad, consumo, revoluciones, tiempo estimado de llegada, etc, permiten optimizar el consumo de combustible.

Las principales desventajas de este tipo de propulsores es su mayor precio, un rendimiento ligeramente menor, debido al mayor tamaño del núcleo, una mayor demanda de mantenimiento, un sistema de transmisión más complicado y suponen una fuente adicional de averías. Sin embargo, su uso es casi obligatorio en el caso de disponer de más de un motor por eje, o cuando se necesita de una gran maniobrabilidad, como es el caso de nuestro buque.

El número de palas, Z, es otro factor importante a tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema propulsor, siendo éste más eficiente cuanto menor es Z, aunque el nivel de vibraciones es, por lo general, inversamente proporcional a Z.

## 5 Propulsores

### 5.1 Generalidades sobre hélices.

Para la determinación de la hélice óptima se recurrirá a la regresión polinómica de la serie sistemática de propulsores B del canal de Wageningen.



Como sabemos un propulsor queda definido cuando se conocen los parámetros siguientes.

- Número de palas,  $Z$ .
- $D$  Diámetro de la hélice.
- $A_e/A_o$  Relación área expandida de las palas de la hélice (sin núcleo), área del disco de diámetro máximo.
- $P/D$  Relación entre el paso de la hélice, lo que avanza en una vuelta, y el diámetro de la misma.

Y las propiedades obtenidas del ensayo de los propulsores en canal, son los siguientes.

- $T$  Empuje de la hélice.
- $Q$  Par absorbido por la hélice.
- $N$  Revoluciones de la hélice.
- $V_a$  Velocidad de avance de la hélice.

Estas propiedades se estudian adimensionalmente mediante los siguientes coeficientes.

- $K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4}$  Coeficiente de empuje.
- $K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5}$  Coeficiente de par.
- $J = \frac{V_a}{n \cdot D} = \frac{V \cdot (1 - \omega)}{n \cdot D}$  Grado de avance, siendo  $\omega$  el coeficiente de estela.
- $\eta_o = \frac{K_T}{K_Q} \cdot \frac{J}{2\pi}$  Rendimiento del propulsor aislado.

Todos los propulsores de la serie han sido extrapolados teniendo en cuenta los distintos números de  $R_e$  entre modelo y buque, así como la densidad del agua salada, pero siempre considerando aguas libres, es decir no se tiene en consideración la carena que va a proa de la hélice.

Es por ello que Holtrop propone una expresión para tener una estimación del rendimiento



propulsivo total a partir de los coeficientes de estela,  $\omega$ , succión,  $t$ , el rendimiento del propulsor aislado  $\eta_o$ , del rendimiento mecánico  $\eta_{mec}$  y del rendimiento rotativo-relativo,  $\eta_{rr}$ .

$$\eta_{propulsivo} = \frac{1-t}{1-\omega} \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_o \cdot \eta_{mec}$$

El rendimiento mecánico,  $\eta_{mec}$ , que aparece en la expresión se estima en un 95% como podemos encontrar en la referencia [1]. Así, podemos determinar de manera aproximada la potencia al freno en cámara de máquinas necesaria para navegar a la velocidad de proyecto, 18 kn, con las formas diseñadas:

$$BHP_{85 MCR} = \frac{EHP_{85 MCR}}{\eta_{propulsivo}}$$

## 5.2 Diámetro máximo de los propulsores.

Es sabido que el rendimiento de un propulsor aumenta al disminuir las revoluciones, sin embargo para ello el diámetro debe aumentar, y con él el calado. Los valores comunes para el ratio Diámetro / Calado a plena carga,  $D/T$ , varían entre 0,65 y 0,75.

Para estimar el diámetro máximo de los propulsores, se estudia la disposición del codaste respetando los huelgos mínimos por cuestiones de vibraciones.

Para empezar hemos considerado una separación entre los centros de los propulsores de 2 veces el diámetro más 100 milímetros.

Así los centros de las hélices quedarán separadas una distancia  $2D + 100 \text{ mm}$ .

En cuanto al número de palas de las hélices cabe recordar que:

- El rendimiento propulsivo aumenta al disminuir el número de palas.
- El nivel de vibraciones disminuyen por lo general al aumentar el número de palas.



- Debe intentarse minimizar la sobrecarga en las palas para reducir la posibilidad de tener problemas de cavitación, para ello se aumenta la relación área/disco.
- El coste de la hélice aumenta con el número de palas.

Para el buque proyecto se escogerán hélices de cuatro palas de paso controlable, típicas en los buques Ro-Ro que necesitan de una gran maniobrabilidad. Se dimensionarán utilizando la serie sistemática B de Wageningen, asegurando que proporcionan la potencia necesaria.

Varios diámetros y los ratios  $D/T$ , que deben estar entre 70% y 75%.

D	T	D/T
4,4	6,18	71,20%
4,45	6,18	72,01%
4,5	6,18	72,82%
4,55	6,18	73,62%
4,6	6,18	74,43%
4,65	6,18	75,24%
4,7	6,18	76,05%
4,75	6,18	76,86%
4,8	6,18	77,67%
4,85	6,18	78,48%

Donde  $D$  es el diámetro de la hélice y  $T$  el calado a plena carga.

Así vemos que el diámetro máximo de los propulsores será de 4,65m aproximadamente que corresponde a una relación  $D/T$  del 75,24%.



### 5.3 Cálculo del propulsor óptimo y la potencia necesaria por eje.

Una vez conocemos la resistencia de las formas con sus apéndices al avanzar a la velocidad de 18 nudos, vamos a seguir ahora el proceso de diseño de la hélice mediante el uso de la serie sistemática B de Wageningen correspondiente a las hélices de 4 palas.

En el dimensionamiento de la hélice hemos ido a la de mayor diámetro que nos permiten los huelgos mínimos, práctica común en el diseño de este tipo de buques.

Antes de empezar con el dimensionamiento de la hélice debe determinarse por el método de Keller, ver referencia [1] página 83, la relación área/disco mínima del propulsor con la intención de evitar la aparición de cavitación.

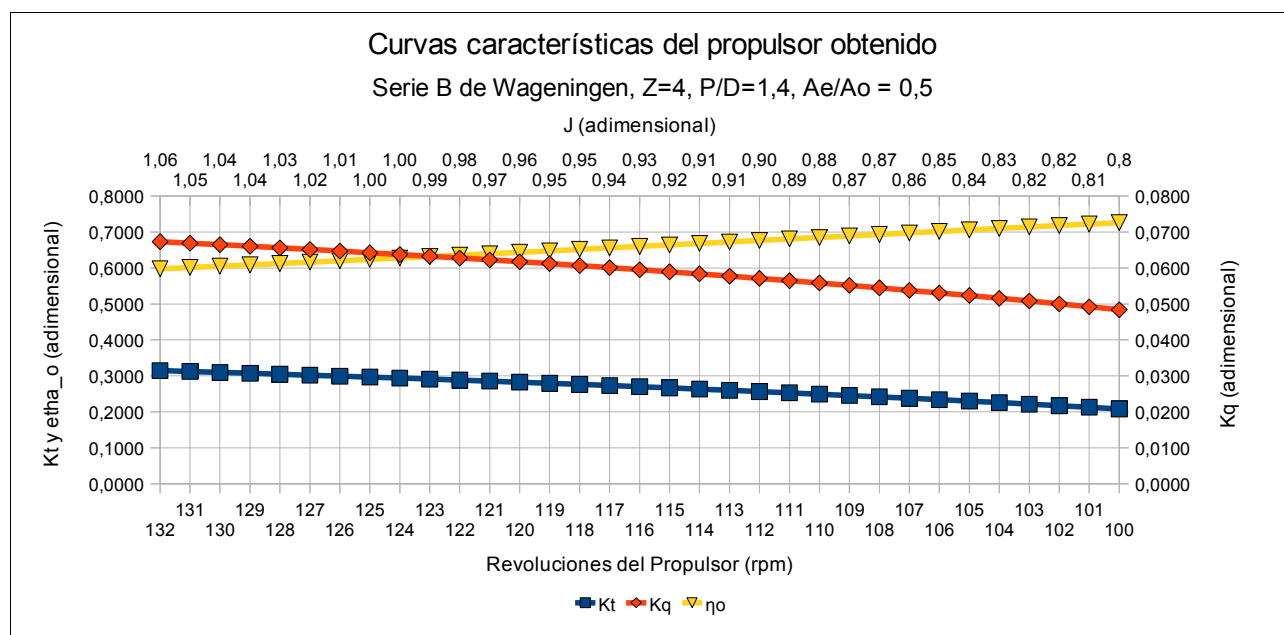
Ae/Ao Mínima	
Diámetro Propulsor	4,65
Z Numero de palas.	4
Resistencia al avance (N)	555832,73
Coeficiente de succion (t)	0,11
Th, Empuje de la helice de est. (N)	311985,14
Th, Empuje de la helice de bab. (N)	311985,14
Po-Pv (kg/m <sup>2</sup> )	13957,76
Altura linea de ejes (m)	2,43
Inmersion linea ejes (m)	3,76
k de Keller	0,1
$(1,3+0,3*Z)*Th$	79506,92
$(Po-Pv)*D^2$	301801,67
Ae/Ao	0,3634

Por mayor seguridad vamos a utilizar un Ae/Ao de 0,5.

Una vez fijados: el diámetro máximo, el Ae/Ao, escogida una geometría para la hélice (la Serie B de Wageningen) y conocidos el empuje mínimo que debe dar el propulsor analizamos las distintas hélices resultantes al variar las revoluciones y la relación P/D.

Las hélices factibles serán aquéllas cuyo empuje sea superior al mínimo necesario para dar la velocidad de 18kn en pruebas. El resultado de este análisis es la hélice que entre las citadas posea un rendimiento de propulsor aislado mayor.

En el gráfico siguiente podemos ver las curvas características de la hélice obtenida (103 rpm y P/D 1,4).



En la siguiente tabla vemos de todos los propulsores analizados cuál es el mejor de entre los posibles, los que no son factibles aparecen con un “No” en la celda correspondiente.

											P/D									
	0	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
	100	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	101	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	102	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	103	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,714
	104	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,710
	105	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,706
	106	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,711	0,702
	107	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,707	0,697
	108	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,703	0,693
	109	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,709	0,699	0,689
	110	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,705	0,695	0,685
	111	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,702	0,691	0,681





Buque CON-RO/RO

Cuaderno 6: Cálculo de Potencia. Proyecto de Propulsores y Timones.

Proyecto nº10 2008-2009

												P/D								
	112	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,709	0,698	0,687	0,676
	113	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,705	0,694	0,683	0,672
	114	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,702	0,691	0,679	0,668
	115	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,698	0,687	0,675	0,664
rpm	116	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,706	0,695	0,683	0,671
	117	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,703	0,691	0,679	0,667
	118	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,700	0,688	0,675	0,663
	119	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,707	0,696	0,684	0,672
	120	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,704	0,693	0,681	0,668
	121	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,701	0,690	0,677	0,664
	122	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,698	0,686	0,674	0,660
	123	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,705	0,695	0,683	0,670
	124	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,702	0,692	0,680	0,666
	125	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,700	0,689	0,676	0,663
	126	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,697	0,686	0,673	0,659
	127	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,703	0,695	0,683	0,670
	128	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,701	0,692	0,680	0,666
	129	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,698	0,689	0,677	0,663
	130	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,696	0,686	0,673	0,659
	131	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,694	0,683	0,670	0,656
	132	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0,698	0,691	0,680	0,667

Conociendo el rendimiento de propulsor aislado, tenemos definido ya el rendimiento propulsivo,

$$\eta_{propulsivo} = \frac{1-t}{1-\omega} \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_o \cdot \eta_{mec}$$

$$\eta_{rr}=0,997 \quad \eta_{mec}=0,95$$

$$\eta_o=0,7140 \quad t=0,1092$$

$$\omega=0,1125$$

Los coeficientes de estela y succión han sido calculados de acuerdo a la formulación propuesta por Holtrop y Mennen para buques de 2 líneas de ejes.

$$w = C_9 \cdot C_{20} \cdot C_v \cdot \left( \frac{L}{T_a} \right) \cdot \left( 0,050776 + \frac{0,93405 \cdot C_{11} \cdot C_v}{(1-C_{PI})} \right) + 0,27915 \cdot C_{20} \cdot \left( \frac{B}{(L \cdot (1-C_{PI}))} \right)^{0,5} + C_{19} \cdot C_{20}$$

$$t = \frac{0,25014 \cdot \left( \frac{B}{L} \right)^{0,28956} \cdot \left( \frac{\sqrt{B \cdot T}}{D} \right)^{0,2624}}{\left( (1-C_p + 0,0225 \cdot (lcb_l))^{0,01762} \right)} + 0,0015 \cdot C_{stern}$$

El rendimiento mecánico,  $\eta_{mec}$ , que aparece en la expresión se estima en un 95% como



podemos encontrar en la referencia [2].

La potencia nominal por cada motor para navegar a la velocidad de proyecto, 18 kn, con las formas diseñadas y la hélice obtenida serán en principio la siguiente:

$$BHP_{pruebas} = \frac{EHP_{pruebas}}{\eta_{propulsivo}} = \frac{DHP_{pruebas}}{MCR_{pruebas} \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_{mec}} = \frac{3401,5 kW}{0,85 \cdot 0,997 \cdot 0,95} = 4225 kW$$

En la tabla siguiente se recogen las características del propulsor obtenido en el punto de diseño.

Parametro	Valor	Unidades
D	4,650	m
Z	4	
w	0,1125	
t	0,1092	
etha_rr	1,0103	
etha_o	0,7140	
etha_propulsivo	0,6879	
Empuje (1xhélice)	362	kN
J	1,0294	
Kt	0,2214	
Kq	0,0508	
DHP al 85% MCR	3599,06	kW
rpm	103	rpm
AE/AO	0,5	
P/D	1,4	
C (0,7R)	1,25	
T/C (0,7R)	0,06	
Cavita?	No	

Y la cuerda y el espesor en función de las estaciones de las palas son las siguientes a partir de la referencia [3].



Estación	Cuerda (m)	t (m)	c/D·Z/ (Ae/Ao)	Ar	Br	c·dr
0,2	0,97	0,17	1,6620	0,0526	0,0040	0,22
0,3	1,09	0,15	1,8820	0,0464	0,0035	0,25
0,4	1,19	0,13	2,0500	0,0402	0,0030	0,28
0,5	1,25	0,11	2,1520	0,0340	0,0025	0,29
0,6	1,27	0,09	2,1870	0,0278	0,0020	0,30
0,7	1,25	0,07	2,1440	0,0216	0,0015	0,29
0,8	1,15	0,05	1,9700	0,0154	0,0010	0,27
0,9	0,92	0,03	1,5820	0,0092	0,0005	0,21
1	0	0,01	0,0000	0,0030	0,0000	0

## 6 Timones.

### 6.1 Fundamento físico de los timones.

Un timón es un perfil hidrodinámico cuya orientación con respecto a crujía provoca una resistencia al avance y una distribución de presiones asimétrica, respecto a su plano de simetría.

Esta distribución de presiones, provoca a su vez, una fuerza perpendicular al plano de simetría del timón, que se puede descomponer en dos componentes.

La que menos nos interesa, aunque hay que minimizarla, es la componente de *drag* o de resistencia al avance, y en consecuencia su sentido es la de proa-popa.

La segunda, es la componente de *lift* o de sustentación, que es la que nos interesa a la hora de cambiar el rumbo del buque. Esta fuerza que es perpendicular a la componente de resistencia al avance del timón, provoca respecto al centro de gravedad del buque, un momento de giro y en consecuencia éste cambia de rumbo.

Este mismo efecto puede lograrse sin timones, como es el caso del uso de POD's o propulsores azimutales, Chorros de agua o *Waterjets*, alerones o *flaps*, etc, en otros buques.



## **6.2 Número de timones a instalar.**

El número de timones a instalar no es un factor a despreciar. Si bien hay muchos buques que sólo disponen de un timón, el llevar doble timón puede ser una opción interesante en muchos casos.

Los principales aspectos por los que un buque puede llevar doble timón son diversos, quizás el más usual es disponer de dos líneas de ejes.

Cuando un timón se instala en crujía a popa de la carena, el efecto de succión hace que el timón se sitúe en zonas en las que el agua lleva poca velocidad, en cambio, cuando el timón se dispone detrás de la estela del propulsor aumenta la velocidad del flujo y en consecuencia trabaja mejor. Por esto es una buena elección disponer de dos timones más pequeños detrás de las hélices, que un único timón en crujía mayor.

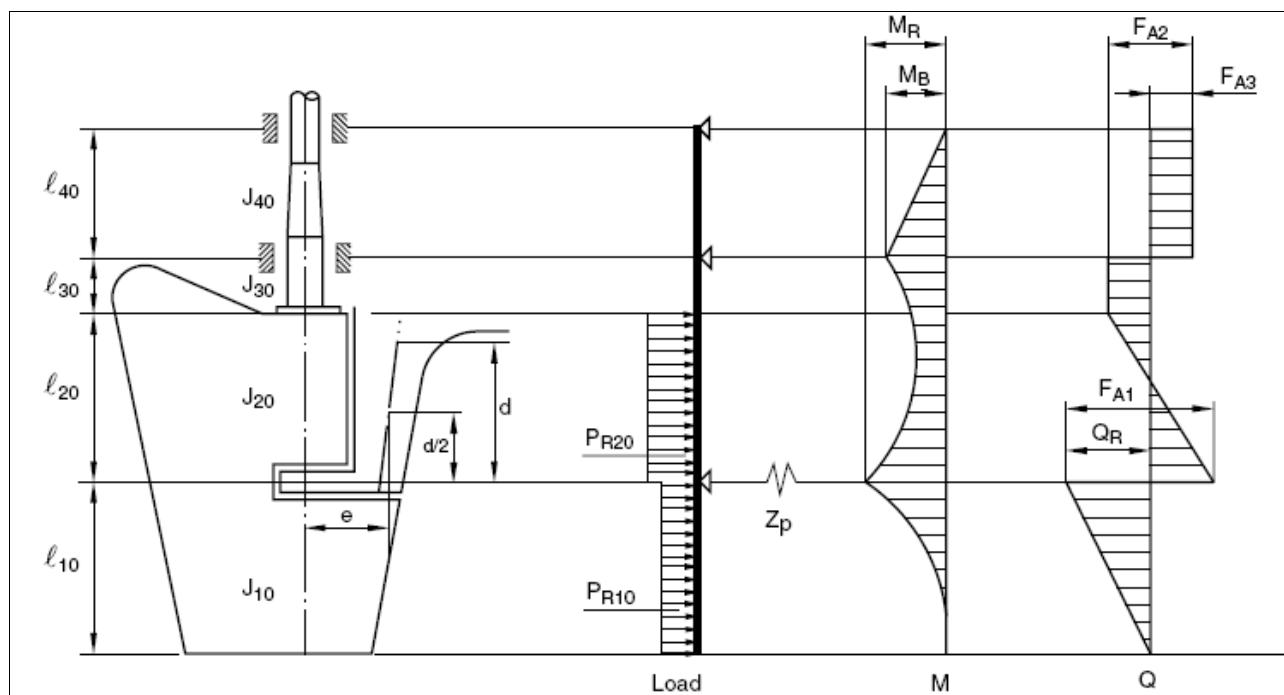
Otro factor de peso, es el no disponer de mucho calado libre para instalar un único timón, de manera que la relación entre el área del timón y de deriva sea la correcta.

Otro motivo del lado de la seguridad, es la redundancia del sistema de gobierno, ya que en caso de avería en un timón todavía se dispone de otro.

En el buque proyecto van a instalarse por las razones anteriores, dos timones a popa de los propulsores.

## **6.3 Tipo de timón elegido.**

El tipo de timón escogido es un timón semisuspendido y compensado, que en la parte B, capítulo 10 del reglamento del BV, se define como timón *“Type 7: Simple pintle 3-bearing semi-spade rudder, including 1-elastic pintle bearing and 2 rudder-stock bearings”* del que incluimos el perfil y sus distribución de cortantes y momentos flectores bajo las cargas de dimensionamiento.



- Hemos elegido un timón semisuspendido por su fácil montaje frente a los demás tipos, buscando que las operaciones de mantenimiento sean lo más rápidas posibles.
- Otra de las razones es la uniforme distribución de momentos y cortantes.



## 6.4 Diseño del timón.

Cuando hay que afrontar el diseño de los timones hay que tener en cuenta varios factores para asegurarnos de que se hace correctamente, estos son:

- Tipo de buque.
- Tipo de singladuras que llevará a cabo.
- Dimensiones del buque.
- Necesidades de maniobrabilidad.
- Resistencia al avance del propio perfil hidrodinámico.
- Minimizar el par resistente, menor potencia del servomotor.

Para el dimensionamiento del timón seguiremos las recomendaciones de BV así como la tesis doctoral de D. Antonio Baquero.

Las dimensiones a determinar son:

- Altura  $h$
- Cuerda  $c$
- Espesor  $t$
- Relación de espesor  $t/c$  ( $E$ )
- Alargamiento  $h/c$  ( $\Gamma$ )
- Área proyectada sobre el plano diametral del timón  $A$
- Área del timón a popa de la mecha  $A_{pp}$
- Área del timón a proa de la mecha  $A_{pr}$  suele estar entre un 20-25% del área del timón, y su longitud no debe ser mayor del 35% de la longitud total del timón.
- Relación de compensación del timón  $A_{pr}/A_{pp}$
- Relación de aspecto, cociente entre la altura y la longitud del timón, suele estar entre 1,5 y 2,5.
- Tipo de perfil es decir distribución de espesores a lo largo de la cuerda. Suele usarse un perfil estándar cuyas características de reparto de presiones y resistencia sean las mejores posibles. Los perfiles más usados en la industria naval son los  $NACA00ab$  donde  $ab$  es la relación de espesor.

En adelante vamos a estudiar los conceptos que definen la bondad de un timón, una vez fijados



éstos, veremos si el timón propuesto los cumple o no.

### 6.4.1 Indicadores de buena maniobrabilidad:

Existen diversos índices de maniobrabilidad que describimos a continuación.

Según la reglamentación IMO, Resolución A.751(18) aprobada en noviembre de 1993 para buques mayores de 100 metros de eslora y para cualquier buque quimiquero o transporte de gas, contruidos a partir de junio de 1994, la maniobrabilidad de un buque se considerará satisfactoria si cumple las siguientes condiciones:

#### Capacidad de evolución

El avance no excederá de 4,5 esloras ( $4,5 \cdot L_{pp}$ ) y el diámetro táctico no excederá de cinco esloras ( $5 \cdot L_{pp}$ ) en la curva de evolución.

Para buques de dos hélices el diámetro táctico val  $DT = L_{pp} \cdot \left( 0,14 + \frac{DG}{L_{pp}} \right)$  donde DG es el diámetro de giro, que para buques con dos propulsores se calcula como:

$$DG = L_{pp} \cdot \left[ 0,727 - 197 \cdot \frac{C_B}{DEL R} + 4,65 \cdot \frac{B}{L_{pp}} + 41 \cdot \frac{TRI}{L_{pp}} + \frac{188}{DEL R} - 218 \cdot \frac{AR}{L_{pp} \cdot T (NTI - 1)} + 1,77 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_{pp}}} + 25,66 \cdot \frac{AB}{L_{pp} \cdot T} \right]$$

Y el avance del buque lo podemos calcular conociendo  $DG$  y  $DT$  como:

$$ADV C = L_{pp} \cdot \left( 0,514 \frac{DT}{L_{pp}} + 1,1 \right)$$

DIAMETRO DE GIRO DEL BUQUE		
DIAMETRO DE GIRO	364,17	m
DIAMETRO DE GIRO	2,14	esloras
DEL R	35	deg
TRIMADO	0	m
No TIMONES	2	



VELOCIDAD DEL BUQUE	18	kn
---------------------	----	----

DIAMETRO TACTICO O DE EVOLUCION		
DT	388,0	m
IMO --> DT<5Lpp	2,28	esloras

AVANCE		
ADVC	198,15	m
IMO --> ADVC<4,5Lpp	1,16	esloras

### Capacidad inicial de evolución

Con la aplicación de un ángulo de  $10^\circ$  al timón a babor y a estribor, el buque cambiará el rumbo en  $10^\circ$  sin recorrer más de 2,5 esloras ( $2,5 \cdot L_{pp}$ ).

Para comprobar el cumplimiento de este criterio es necesario calcular la ecuación del movimiento del buque durante la maniobra de zig-zag ( $10^\circ/10^\circ$ ) que requiere de información y procedimientos no disponibles en la fase del proyecto inicial.

### Estabilidad de ruta

Es la capacidad para mantener al buque en un rumbo determinado. Esta cualidad es tanto mejor cuanto menor sea la actividad requerida por el timón, tanto en amplitud como en frecuencia. Está relacionada con la explotación del buque, ya que una mala estabilidad de ruta incrementa la distancia recorrida, disminuye la velocidad media, y se consume más combustible.

Ésta está caracterizada por la anchura del ciclo de histéresis en la maniobra de espiral de Dieudonné. Se considera que el buque posee una buena estabilidad de ruta si tal anchura no supera los  $4^\circ$ , Criterio de Gertler, lo que equivale a que el valor sea  $1/T_m$  mayor que 0,305, siendo  $T_m$  el índice que representa en la ecuación de Nomoto la rapidez de respuesta del sistema o relación inercia-amortiguamiento hidrodinámico.

### Ángulo de desprendimiento





Debe evitarse que en la zona de trabajo del timón, intervalo de  $\pm 35^\circ$ , se produzcan fenómenos de desprendimiento de flujo, ello acarrea consecuencias de pérdida de eficiencia.

Así, será conveniente que el ángulo de desprendimiento sea mayor que  $|\pm 35^\circ|$ , sea éste  $\alpha$ .

$$\alpha = 7,11 \cdot (1 + 7E) \cdot \left(1 + \frac{1,25}{\Gamma}\right) \cdot \left(1 + 0,048 \cdot \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8K_T}{\pi J^2}\right)} \cdot \frac{h}{D_p}\right)$$

El valor  $\frac{K_T}{J^2}$  lo conocemos al haber determinado la hélice.

### **Intervalos de variación de los parámetros del timón:**

En todas las relaciones se toman los valores recomendados en la tesis de D. Antonio Baquero.

**Altura del timón:** ( $h$ ) Al elegir la altura del timón cabe recordar que en las proximidades al casco la velocidad del flujo es muy lenta por el efecto de la capa límite, por lo que esa parte del timón estará siendo poco eficiente a la vez que añade peso y resistencia al avance. Es recomendable por este motivo dejar un huelgo entre la parte alta del timón y el casco de un 6% del vano total del codaste, medido a la altura de la mecha,  $H$ . La distancia entre el canto bajo del timón y la quilla puede tomarse igual a  $0,08 H$ .

Así la altura máxima del timón será  $h_{max} \leq 0,86 H$ .

En nuestro caso el vano del codaste es de 6,09 metros por lo que la altura máxima del timón será de 5,24 metros y se hallará 25 centímetros por encima de la línea de quilla.

**Relación altura / cuerda** ( $\Gamma$ ) : La relación de aspecto debe mantenerse entre unos límites. El límite inferior tiene su razón en intentar evitar un par excesivo en la mecha del timón. Por otro lado el límite superior busca que no aparezcan desprendimientos de flujo. Es por ello que la relación de aspecto deberá mantenerse entre  $1,4 < \Gamma < 2,0$ .

**Relación de espesor / cuerda** ( $E$ ) : Hay que tener en cuenta que si el espesor del timón es



demasiado grande puede producirse un incremento de la resistencia al avance por apéndices, además de aumentar la posibilidad de desprendimiento de flujo en el timón. Es por esto que deberemos mantener dicha relación entre  $0,15 < E < 0,23$ .

## 6.4.2 Generación de timones por variaciones sucesivas:

Para la obtención del timón que mejor se adapte a nuestras necesidades cumpliendo con los criterios anteriores vamos a generar 10 alternativas, que son 10 alturas, que van desde  $0,76 H$  hasta  $0,86 H$ . A la vez se variarán sistemáticamente los parámetros  $\Gamma$  y  $E$  a intervalos de  $0,1$  y  $0,01$  respectivamente.

Para las posibles combinaciones de  $\Gamma - E$  se escogen las de mayor  $\Gamma$  pues son las de menor área ( $A_r = h^2 / \Gamma$ ).

De la referencia [2] podemos estimar un área proyectada mínima de los timones. Ésta es proporcional al área de deriva del buque al calado de proyecto, es decir al producto  $L_{pp} \cdot T$  y la relación entre el área total de los timones y la de deriva debe oscilar entre el 1,5% y el 2,5%.

Para ratios mayores, cercanos a 2,5%, disminuye el radio de giro, ( $DG$ ) pero para ratios mayores apenas es apreciable dicho efecto.

Así, como primera aproximación, el área total de sendos timones será de  $22,08 \text{ m}^2$ , es decir de  $11,04 \text{ m}^2$  por timón, correspondiente a un ratio de 2,04.

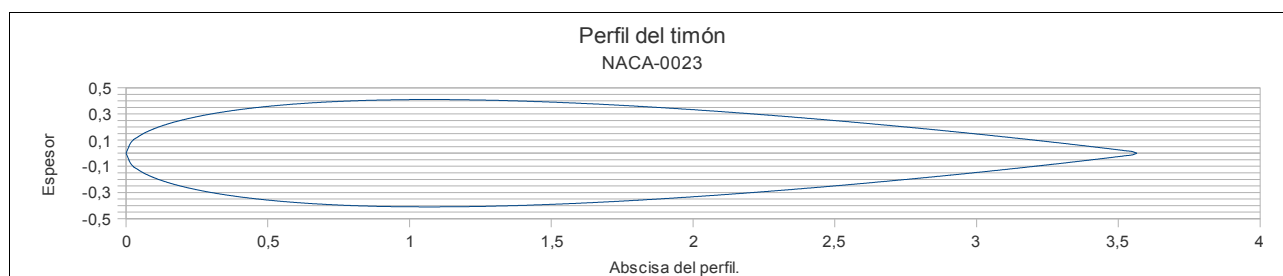
- Para pares de valores  $\Gamma - E$  que cumplen,  $\Gamma \geq 1,6$  y  $E \leq 0,23$  vemos que el ángulo de desprendimiento de flujo ( $\alpha$ ) resulta ser inferior a los  $35^\circ$  por lo que tampoco dichos timones son de nuestro interés.
- En cuanto al ratio espesor/cuerda ( $E$ ) debe ser  $E > 0,21$  de no ser así, no superamos los  $35^\circ$  en cuanto al ángulo de desprendimiento.

Finalmente escogemos el timón sombreado en verde en la tabla siguiente ya que cumple con el criterio del ángulo de desprendimiento, y además el ratio entre el área de los timones y el área de deriva es 3,38 relación que garantiza una buena maniobrabilidad como vimos anteriormente.

H	h/H	h	$\Gamma$	E	Ar	Lpp·T	Ar / (Lpp·T)	Kt	J2	Dp	$\alpha$
m		m			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%				deg
6,09	0,86	5,24	1,4	0,23	19,58	1051,70	3,72	0,2214	1,0598	4,65	36,37
6,09	0,85	5,17	1,4	0,23	19,13	1051,70	3,64	0,2214	1,0598	4,65	36,35
6,09	0,84	5,11	1,4	0,23	18,68	1051,70	3,55	0,2214	1,0598	4,65	36,34
6,09	0,83	5,05	1,4	0,23	18,24	1051,70	3,47	0,2214	1,0598	4,65	36,32
6,09	0,82	4,99	1,4	0,23	17,80	1051,70	3,38	0,2214	1,0598	4,65	36,31
6,09	0,81	4,93	1,4	0,23	17,37	1051,70	3,30	0,2214	1,0598	4,65	36,29
6,09	0,8	4,87	1,4	0,23	16,94	1051,70	3,22	0,2214	1,0598	4,65	36,28
6,09	0,79	4,81	1,4	0,23	16,52	1051,70	3,14	0,2214	1,0598	4,65	36,26
6,09	0,78	4,75	1,4	0,23	16,11	1051,70	3,06	0,2214	1,0598	4,65	36,25
6,09	0,77	4,69	1,4	0,23	15,69	1051,70	2,98	0,2214	1,0598	4,65	36,24
6,09	0,76	4,63	1,4	0,23	15,29	1051,70	2,91	0,2214	1,0598	4,65	36,22

En resumen los dos timones de nuestro buque tienen las siguientes características cada uno.

Timon seleccionado		
h	5,24	m
h/c ( $\Gamma$ )	1,4	
c	3,7396	m
t/c (E)	0,23	
t	0,86	m
Ar	19,58	m <sup>2</sup>
Ar/Aderiva (para 2 timones)	3,72	
Perfil currentiforme	NACA-0023	



### El centro de presiones sobre la pala del timón (CP).

El centro de presiones del timón influye fuertemente en el par que habrá de proporcionar el

servomotor. De modo que cuanto más cerca se halle éste de la mecha menor será dicho par, así como el diámetro de la mecha y menor podrá ser el local del servo.

Características de la posición del centro de presiones.

- El CP se desplaza hacia popa al aumentar el ángulo de ataque ( $\alpha$ ), que es el formado por la crujía del timón y la dirección del flujo.
- La distancia del CP al borde de proa del timón tiene un mínimo cuando el timón está a la vía, es decir  $\alpha = 0^\circ$ . Este ángulo puede cambiar debido a la asimetría del flujo.
- Se deduce de lo anterior que la distancia entre el CP y el borde de ataque del timón en flujo uniforme, es mayor que en flujos heterogéneos. Cuanto más cargada se encuentra la hélice menor se hace dicha distancia.

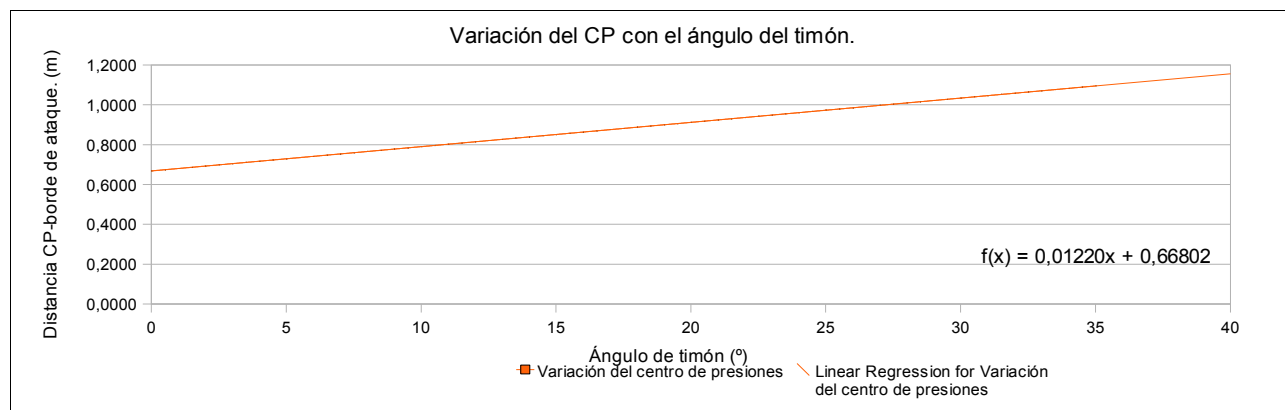
Esta posición puede darse en relación a la cuerda del mismo como:

$$\frac{x}{c} = A + B \cdot \alpha$$

donde

- $$A = \frac{(0,35E+0,29) \cdot \Gamma}{(\Gamma + 1,4)(1 + 0,67 \cdot (1 - e^{-0,175 K_T / J^2}))}$$
- $$B = \frac{0,0217}{\Gamma + 0,67} (1,033 - 3,1E-0,0683 \cdot (1 - e^{-0,425 \cdot K_T / J^2}))$$

$$\frac{x}{c} = 0,178634 + 0,003262 \cdot \alpha$$





Conocidas la fuerza perpendicular al plano de simetría del timón y la posición del centro de presiones tenemos suficientes datos para calcular el par en la mecha ( $Q$ ).

$$Q = F_{\text{normal al timón}} \cdot \left( \frac{x}{c} - \frac{x_o}{c} \right) \cdot c$$

La fuerza normal a la pala del timón viene dada experimentalmente por la relación  $F_n = F_t / C$  donde  $C = (1 - 0,00286 \cdot \alpha)$ .

$F_t$  es la fuerza tangencial sobre la superficie del timón y puede calcularse empíricamente como

$F_t = \frac{1}{2} \cdot \rho_{as} \cdot A_r \cdot V_A^2 \cdot C_{ft}$ , ya sabemos que  $A_r$  es el área del timón y  $C_{ft}$  es el coeficiente de fuerza tangencial que se determina experimentalmente.

Se puede expresar la relación entre el coeficiente de fuerza tangencial y los demás parámetros de la hélice y el timón como;

$$\frac{C_{ft}}{\alpha} = \frac{2\pi\Gamma}{\Gamma + 2,55} \left( 1 - 0,35 \cdot \frac{t}{c} \right) \cdot \left( 1 + \frac{8K_T D_p}{\pi J^2 h} \right) \cdot \frac{C_B + 0,3}{1 + 1,214 \cdot (1 - e^{-0,3 K_T / J^2})}$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior obtenemos  $C_{ft} = 2,8924 \cdot \alpha$ .

$C_{ft}/\alpha =$	2,5443
-------------------	--------

Así queda la expresión de la fuerza tangencial  $F_t = \frac{1}{2} \cdot \rho_{as} \cdot A_r \cdot V_A^2 \cdot (2,8924 \cdot \alpha)$  que sustituyendo valores queda  $F_t = (1671819,15 \cdot \alpha) \text{ kg}$

$F_t =$	1736753,36	*alfa (kg)
---------	------------	------------

Y la fuerza normal al timón en función del ángulo del timón vendrá dada por la siguiente expresión

$$F_n = \frac{F_t}{1 - 0,00286 \cdot \alpha} = \frac{1671819,15 \cdot \alpha}{1 - 0,00286 \cdot \alpha} \text{ kg}$$

, esta fuerza aplicada en el CP provocará un momento respecto a la mecha que vendrá dado según el ángulo de ataque como:

$$Q = \frac{1671819,15 \cdot \alpha}{1 - 0,00286 \cdot \alpha} \cdot \left( (0,178634 + 0,003262 \cdot \alpha) - \frac{x_o}{c} \right) \cdot c$$

podemos ver la expresión del momento sobre la mecha más claramente como;

$$Q = \frac{A \cdot \alpha}{1 - B \cdot \alpha} \cdot \left( (C + D \cdot \alpha) - \frac{x_o}{c} \right) \cdot c$$

$$A = 1671819,15$$

$$B = 0,00286$$

$$C = 0,178634$$

$$D = 0,003262$$

Siendo el momento máximo, con  $x_o = 1,479$  m como se verá en el siguiente apartado:

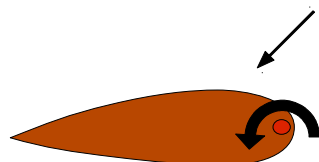
### Superficie de compensación:

Un timón compensado es aquél cuyo área se distribuye desde un 20-80 hasta 25-75, en cuanto a porcentajes del área total, a proa y popa de la mecha del timón respectivamente.

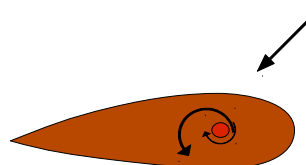
La ventaja que ofrecen este tipo de timones es que reducen bastante el par motor suministrado por el servomotor ya que precisamente el área a proa de la mecha genera un par en el mismo sentido que el servo.

En el esquema adjunto se puede ver el fundamento del timón compensado, con un cierto ángulo de timón se produce una distribución de velocidades a su alrededor asimétrica que conlleva a la postre la aparición de un par resistente sobre la mecha, en la figura, las flechas negras de sentido antihorario. En consecuencia el par motor del timón será en sentido contrario e igual en módulo al resistente.

El efecto de un timón compensado es el de reducir el par resistente resultante ya que la presión dinámica en el área de compensación genera un par en sentido contrario al resistente.



Timón no compensado



Timón compensado

A continuación vamos a dimensionar el área de compensación, buscando reducir la potencia del servomotor, esto lo conseguiremos buscando el mínimo de la función  $Q(\alpha)$  cuando se necesita de un



mayor par motor, es decir cuando se mete el timón  $35^\circ$  a una banda.

$$\left( \frac{dQ}{d\alpha} \right)_{35^\circ} = 0$$

$$\left( - \frac{(c \cdot \alpha^2 \cdot A \cdot B - 2c \cdot \alpha \cdot A) \cdot D - c \cdot A \cdot C + x_o \cdot A}{\alpha^2 \cdot B^2 - 2 \cdot \alpha \cdot B + 1} \right)_{35^\circ} = 0$$

Sustituyendo valores obtenemos  $x_o = 1,479m$  distancia de la mecha del timón al borde de ataque del mismo.

$x_o =$	1,48	m
---------	------	---

Una vez situada la mecha en el lugar óptimo de manera que el timón demanda la mínima potencia al servomotor, ya podemos calcular la superficie de compensación que es de  $4,60 m^2$ .

Así, el ratio *Superficie de Compensación / Superficie del timón* una vez ubicada la mecha es de 0,26, es decir un 26% de la superficie del timón es Superficie de Compensación.

### Escantillonado de la mecha del timón

Siguiendo las recomendaciones de BV el diámetro de la mecha en  $mm$  viene determinado por los momentos flectores y torsores máximos en el timón, y no podrá ser inferior a:

$$d_{TFi} = 4,2 \cdot (M_{TR} k_1)^{1/3} \left[ 1 + \frac{4}{3} \left( \frac{M_{Bi}}{M_{TR}} \right)^2 \right]^{1/6} \quad (1)$$

donde

- $M_{Bi}$  es el momento flector máximo obtenido del diagrama de momentos correspondiente al tipo de timón elegido.
- $M_{TR}$  es el momento torsor máximo.

De acuerdo con el apéndice 1 de la parte B del capítulo 10 del reglamento del BV (epígrafe 1.4.9 Rudder Type 7), la estructura del timón ha de calcularse de acuerdo a los diagramas de momentos y cortantes correspondientes al timón elegido, dicho diagrama puede verse en el epígrafe 4.3 *Tipo de timón elegido*.

De acuerdo con ese diagrama las fuerzas por unidad de longitud  $p_{R10}$  y  $p_{R20}$  en  $N/m$  se obtienen de la siguiente formulación:

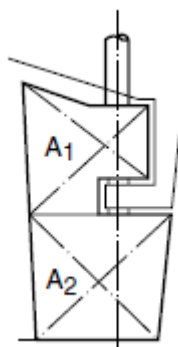
$$p_{R10} = \frac{C_{R2}}{l_{10}} \quad p_{R20} = \frac{C_{R1}}{l_{20}}$$

La fuerza sobre el timón se divide en dos, la fuerza  $C_{R1}$  corresponde a la ejercida sobre la porción del área del timón  $A_1$  y la  $C_{R2}$  a la  $A_2$ . Siendo  $C_R$  la fuerza total sobre el timón.

$$C_R = 132n_R AV^2 r_1 r_2 r_3$$

$$C_{R1} = C_R \cdot \frac{A_1}{A}$$

$$C_{R2} = C_R \cdot \frac{A_2}{A}$$



Sustituyendo valores en estas expresiones obtenemos la fuerza sobre el timón que nos permitirá definir el diámetro de la mecha y la potencia del servomotor.

CR	162479,15	kg
<b>CR1</b>	<b>60027,85</b>	<b>kg</b>
CR2	87684,87	kg

Los brazos de las respectivas fuerzas se obtienen de las fórmulas:

$$r_1 = b_1 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{1F}}{A_1} \right) \quad r_2 = b_2 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{2F}}{A_1} \right)$$

<b>r1</b>	<b>0,52</b>	<b>m</b>
r2	-0,16	m





donde  $\alpha$  para el área detrás del pinzote,  $A_1$ , toma el valor 0,25 en el caso de marcha avante.

### Momento torsor

Y el momento torsor  $M_{TR}$  viene dado por  $M_{TR} = C_R \cdot r$

MTR	55168,90	kgm
-----	----------	-----

### Momento flector máximo

Las cargas por unidad de longitud sobre la mecha son:

PR10	30090,90	kg/m
PR20	28915,15	kg/m

Y el momento flector máximo,  $M_{B_{max}} = 127756,86 \text{ N} \cdot \text{m}$

MB_max	127756,86	kgm
--------	-----------	-----

Así la mecha del timón no podrá tener un diámetro menor de 225 mm, de acuerdo con la fórmula (1), tomamos para redondear un diámetro de la mecha de 250 mm.

d_min	226,82	mm
-------	--------	----

### Potencia del Servomotor

Una vez dimensionado el timón podemos determinar la potencia del servomotor para cumplir con los reglamentos. Éstos exigen que el servo sea capaz de llevar el timón de una banda a la otra ( $\pm 35^\circ$ ) en tan solo 28 segundos.

Luego la velocidad angular necesaria viene determinada por dicho tiempo y el arco a barrer, es decir:

$$\omega = \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} = \frac{(35 + 35) \cdot \frac{\pi}{180} \text{ rad}}{28 \text{ s}} = 0,043 \text{ rad/s}$$

Con esta premisa somos capaces de determinar la potencia del servomotor, de la expresión que



relaciona el par en el timón y la potencia  $P=Q \cdot \omega$  siendo en este caso  $Q=M_{TR}=C_R \cdot r$ .

Potencia Servomotor		
w	0,04	rad/s
Potencia	2407,20	kgm/s
Potencia	32,10	kW
Potencia	43,65	CV

Luego sobredimensionándolos en un 5% por seguridad, necesitaremos dos servomotores de 34kW de potencia cada uno.



## 7 Cálculo de la potencia nominal de la planta propulsora.

Los resultados obtenidos de la selección del propulsor óptimo nos incluyen la potencia mínima nominal a instalar en la planta propulsora. A dicha potencia nominal hay que sumar además la potencia necesaria para mover los generadores de cola que satisfarán la demanda eléctrica del buque en navegación<sup>1</sup>.

Así siendo los generadores de cola de 1020 CV (750 kW) cada uno, cuando el buque esté navegando, sus motores deberán de ser capaces de arrastrar la hélice y la PTO para dar 18 nudos, esto es:

	Potencia (kW)
Potencia necesaria por eje al 85% MCR	3749,70
Potencia demandada por la PTO ( $\eta=0,98$ )	765,31
Potencia del Motor al 85% MCR	4515,01
<b>Potencia Nominal del Motor por Eje</b>	<b>5311,78</b>

Tabla X: Determinación de la potencia nominal de cada motor.

Ahora sólo queda encontrar un motor comercial cuya potencia nominal sea lo más parecida a la que demanda nuestra instalación. Así, el modelo de motor que vamos a instalar es un Wartsila 38 semi-rápido de 8 cilindros en línea a 600rpm cuya potencia nominal es de 5800 kW (7888 CV) y cuyas características principales se adjuntan en la siguiente página.

<sup>1</sup> Siempre que se navegue a revoluciones constantes.

# WÄRTSILÄ 38

# IMO Tier II

## Main data

Cylinder bore.....	380 mm	Fuel specification:	
Piston stroke.....	475 mm	Fuel oil.....	700 cSt/50 °C
Cylinder output.....	725 kW/cyl		7200 sR1/100 °F
Speed.....	600 rpm	ISO 8217, category	ISO-F-RMK 700
Mean effective pressure.....	26.9 bar		SFOC 173 g/kWh
Piston speed.....	9.5 m/s		at ISO condition

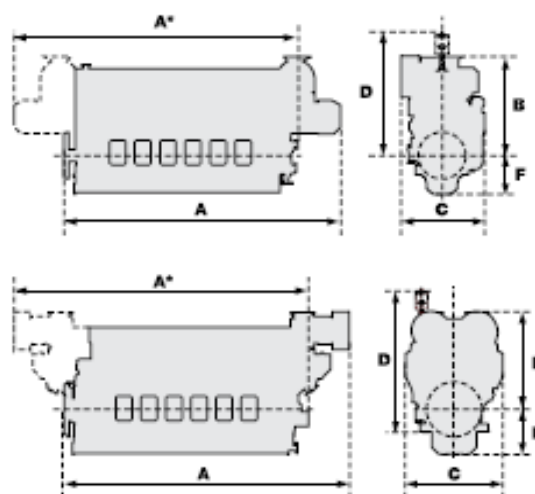
## Rated power

Engine type	kW
6L38	4 350
8L38	5 800
9L38	6 525
12V38	8 700
16V38	11 600

## Dimensions (mm) and weights (tonnes)

Engine type	A*	A	B*	B	C	D	F	Weight
6L38	6 345	6 220	2 830	2 830	2 190 (2 210*)	3 135	1 115	51
8L38	7 925	7 545	2 820	2 770	2 445	3 135	1 115	63
	(7 875**)	(7 495**)	(2 735**)	(2 690**)	(2 445**)			(62**)
9L38	8 525	8 145	2 820	2 770	2 445	3 135	1 115	72
12V38	7 615	7 385	2 930	2 930	3 030	2 855	1 435	88
16V38	9 130	8 945	3 105	3 105	3 030	2 855	1 435	110

\* Turbocharger at flywheel end. \*\* Dimension valid for 8L, FPP application only.  
For definitions see page 68.





Buque CON-RO/RO

Cuaderno 6: Cálculo de Potencia. Proyecto de Propulsores y Timones.

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## 8 Perfil del Codaste con Propulsores y Timones

Ver plano Adjunto.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 6: Cálculo de Potencia. Proyecto de Propulsores y Timones.

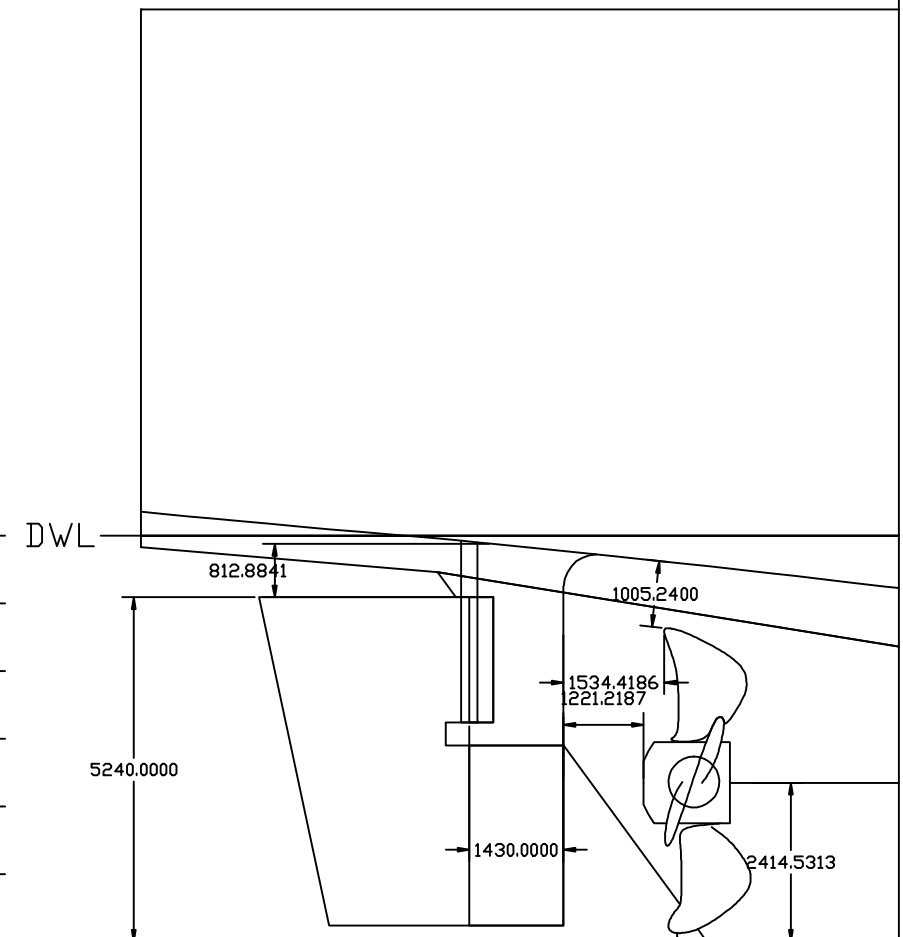
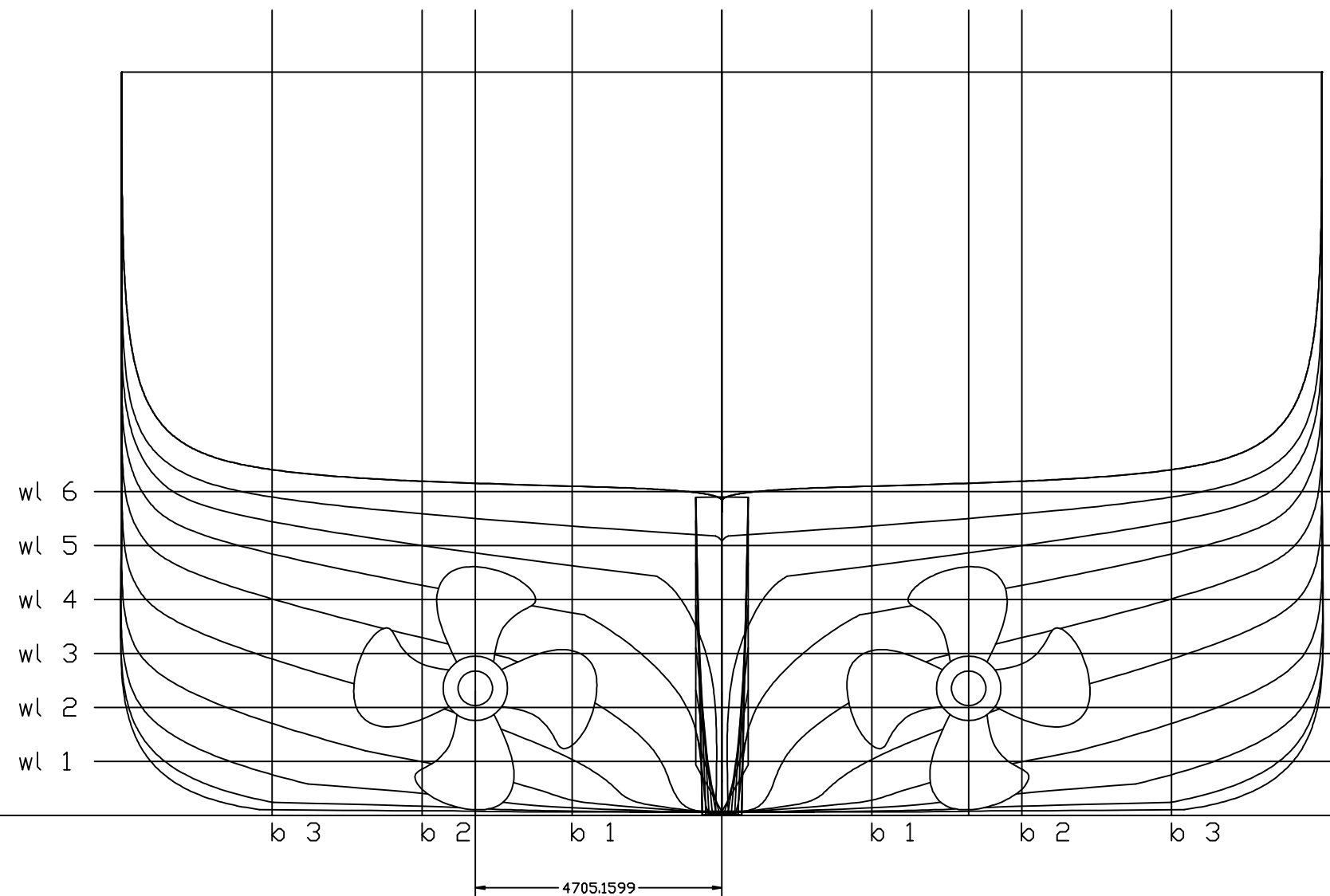
UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



## 9 Bibliografía

1. ***Teoría del Buque; Introducción a la propulsión de buques.*** D. Antonio Baquero. Departamento de Artes Gráficas ETSIN. Edición de 2005.
2. Proyecto Básico del Buque Mercante. D. Ricardo Alvariño, D. Juan José Azpíroz, D. Manuel Meizoso. Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
3. ***Marine Propellers & Propulsion*** J S Carlton. de. Butterworth Heinemann.



**PROYECTO Nº10 CON/RO 1400ML**

**PLANO DEL CODASTE E 1:115**

**TUTOR: D. SEBASTIÁN ABRIL PÉREZ**

**MATIAS BARTOLOME Y BORJA AGUILÓ**



Escuela Técnica Superior de  
**Ingenieros Navales**

UPM-ETSIN



# Planta propulsora y cámara de máquinas

---

PFC nº 10 – Cuaderno 7

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez





*Buque CON-RO/RO*

*Cuaderno 7: Planta propulsora y cámara de máquinas*



*Proyecto nº10 2008-2009*





## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	EQUIPO PROPULSOR .....	2
3	DISPOSICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA.....	4
4	LÍNEA DE EJES .....	5
4.1	INTRODUCCIÓN.....	5
4.2	ACCESORIOS DE LÍNEA DE EJES .....	6
4.2.1	Chumacera de los ejes .....	6
4.2.2	Prensaestopas del mamparo .....	6
4.2.3	Dispositivos de fijación de los ejes.....	6
4.3	HÉLICES Y DISPOSITIVOS DE PROPULSIÓN.....	7
5	GRUPOS GENERADORES.....	8
6	SISTEMAS AUXILIARES DE PROPULSIÓN.....	9
6.1	SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	9
6.1.1	Introducción.....	9
6.1.2	Tipos de combustible empleado. ....	9
6.1.3	Descripción de los tanques de combustible del buque.....	12
6.1.4	Sistema de llenado y trasiego de Fuel Oil y Diesel Oil.....	20
6.1.5	Sistema presurizado de alimentación de los Motores Principales .....	31
6.1.6	Sistema de alimentación de combustible de los Motores Auxiliares.....	34
6.1.7	Sistema de alimentación de combustible a la caldera.....	38
6.1.8	Reboses y respiros de tanques de combustible.....	39
6.1.9	Alimentación de combustible al Grupo de Emergencia .....	40
6.1.10	Alimentación de combustible al Incinerador .....	41
6.2	SISTEMA DE ACEITE LUBRICANTE.....	43
6.2.1	Sistema de aceite lubricante de Motores Principales. ....	43
6.2.2	Sistema de lubricación de Equipos .....	51
6.3	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CENTRALIZADO. ....	57
6.3.1	Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura.....	58
6.3.2	Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura.....	61
6.3.3	Circuito de Alta y Baja Temperatura. Datos y esquemas del fabricante del motor. ....	63



6.3.4	Circuito abierto de agua salada. ....	68
6.4	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO. ....	70
6.4.1	Introducción. ....	70
6.4.2	Sistema de Aire de Arranque. ....	70
6.4.3	Sistema de aire de control. ....	74
6.4.4	Sistema neumático de válvulas de cierre rápido. ....	76
6.5	SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN DE GASES DE ESCAPE. ....	78
6.6	SISTEMA DE LODOS Y ACEITE SUCIO. ....	80
6.7	SISTEMA DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS. ....	83
6.8	EQUIPO DE IZADO Y MANTENIMIENTO DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS. ....	84
7	TALLERES Y PAÑÓLES EN CÁMARA DE MÁQUINAS. ....	85
8	CÁMARA DE MÁQUINAS DESATENDIDAS. ....	86
8.1	GENERAL. ....	86
8.2	SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL, ALARMA Y MONITORIZACIÓN. ....	88
8.2.1	Introducción. ....	88
8.2.2	Sistema de monitorización de alarmas. ....	89
8.2.3	Aviso a maquinistas y sistema de extensión de alarmas. ....	89
8.2.4	Alarma de hombre muerto. ....	91
8.3	CONTROL DE LA PLANTA PROPULSORA. ....	92
8.3.1	Control local. ....	92
8.3.2	Control remoto. ....	92
8.3.3	Control remoto de embragues. ....	93
8.3.4	Sistemas de seguridad y protección. ....	93
8.3.5	Control del paso de la hélice. ....	95
8.4	CONTROL DE LA PLANTA GENERADORA ELÉCTRICA. ....	97
8.4.1	Sistema de Control de Generadores. ....	97
8.4.2	Generador Diesel de Emergencia. ....	99
8.5	CONTROL DE LA PLANTA GENERADORA DE VAPOR. ....	100
8.5.1	Caldera de mecheros. ....	100
8.5.2	Calderetas de Gases de Escape. ....	101
8.6	CONTROL DE EQUIPOS AUXILIARES Y SERVICIOS. ....	102
8.6.1	Arranque automático de la bomba de reserva. ....	102



8.6.2	Compresores de aire de arranque. ....	102
8.6.3	Aparatos de gobierno. ....	102
8.6.4	Control remoto de arrancadores. ....	104
8.6.5	Propulsores a proa. ....	104
8.6.6	Purificadoras.....	104
8.6.7	Planta de aire acondicionado.....	104
8.6.8	Separadora de agua de sentinas. ....	104
8.6.9	Control de viscosidad. ....	104
8.6.10	Control remoto de ventiladores. ....	105
9	SISTEMA DE VAPOR Y CONDENSADO .....	106
9.1	INTRODUCCIÓN.....	106
9.1.1	Tipo de vapor a usar.....	106
9.1.2	Condiciones ambientales y exteriores.....	107
9.1.3	Consumidores de vapor.....	108
9.1.4	Necesidades térmicas o cantidad de energía que necesita cada uno de los consumidores.....	109
9.1.5	Diámetro y longitud de los serpentines .....	110
9.2	DATOS INICIALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS.....	113
9.2.1	Coeficientes de transferencia de calor, K.....	113
9.2.2	Densidad y calor específico de los fluidos a calentar.....	113
9.2.3	Temperatura del medio exterior y temperaturas de espacios adyacentes a tanques calientes.....	113
9.3	CÁLCULO DE NECESIDADES DE VAPOR. ....	114
9.3.1	Necesidades de vapor y dimensionamiento de serpentines de tanques. ....	114
9.3.2	Necesidades de vapor de los Calentadores de los servicios de la Propulsión Principal. ....	125
9.3.3	Calentadores de servicios diversos. ....	130
9.4	Condiciones de servicio .....	135
9.5	BALANCE DE VAPOR .....	136
9.6	PLANTA GENERADORA DE VAPOR .....	138
9.6.1	Dimensionamiento de la planta de vapor.....	138
9.7	Nueva iteración:.....	141
9.7.1	Incremento de combustible a almacenar: .....	141



*Buque CON-RO/RO*

*Proyecto nº10 2008-2009*

*Cuaderno 7: Planta propulsora y cámara de máquinas*

9.7.2	Necesidades de vapor de otros elementos del sistema caldera.....	141
-------	--	-----



## FIGURAS

FIGURA 6-1 SISTEMA DE TRASIEGO DE FUEL OÍL Y DIESEL OÍL DE TANQUES ALMACÉN A SEDIMENTACIÓN Y SERVICIO DIARIO RESPECTIVAMENTE.....	23
FIGURA 6-2 SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE FUEL OÍL Y DIESEL OÍL.....	26
FIGURA 6-3.-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DE MOTORES AUXILIARES .....	37
FIGURA 6-4.-ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE A CALDERA. ....	38
FIGURA 6-5.-ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE A INCINERADOR. ....	42
FIGURA 6-6.-SISTEMA LUBRICACIÓN MOTORES PROPULSORES .....	46
FIGURA 6-7.-LUBRICACIÓN CILINDROS MOTORES PROPULSORES.....	48
FIGURA 6-8.- SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LAS BOCINAS. ....	52
FIGURA 6-9.-ESQUEMA DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE REDUCTORAS. ....	54
FIGURA 6-10.-ESQUEMA DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MOTORES AUXILIARES. ....	56
FIGURA 6-11.-SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CENTRALIZADO DE AGUA DULCE DE ALTA TEMPERATURA. .60	
FIGURA 6-12.-CIRCUITO CENTRALIZADO DE AGUA DULCE DE BAJA TEMPERATURA PARA REFRIGERACIÓN DE LA MAQUINARIA DEL BUQUE. ....	62
FIGURA 6-13.-SISTEMA CENTRALIZADO DE AGUA DULCE DE ALTA TEMPERATURA DE LOS MOTORES PRINCIPALES. ....	64
FIGURA 6-14.-SISTEMA INTERNO REFRIGERACIÓN DE LOS MOTORES AUXILIARES.....	67
FIGURA 6-15.-SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA SALADA. ....	69
FIGURA 6-16.-SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.....	73
FIGURA 6-17.-SISTEMA DE AIRE DE TRABAJO. ....	75
FIGURA 6-18.-CIERRE A DISTANCIA DE VÁLVULAS DE COMBUSTIBLE Y ACEITE.....	77
FIGURA 6-19.- SISTEMA DE GASES DE ESCAPE. ....	79
FIGURA 6-20.-SISTEMA DE LODOS Y ACEITE SUCIO.....	82



# 1 INTRODUCCIÓN

La planta propulsora de un buque, es un elemento esencial para el funcionamiento del mismo. No obstante, es necesario definir no sólo los motores principales, sino todos los servicios que estos necesitan, con sus equipos correspondientes, como son los siguientes:

- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite.
- Sistema de agua salada.
- Sistema de agua dulce.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de vapor.
- Sistema de exhaustación de gases.
- Sistema de ventilación de cámara de máquinas.

A lo largo de este Cuadernillo se hace uso del Project guide del motor principal y motor auxiliar (ambos se adjuntan como anexos) para la definición de los diversos sistemas.

## 2 EQUIPO PROPULSOR

El buque dispone de dos motores propulsores Wärtsilä 8L/38 IMO Tier II, de las siguientes características:

### WÄRTSILÄ 38

#### Main data

Cylinder bore	380 mm
Piston stroke	475 mm
Cylinder output	725 kW/cyl
Speed	600 rpm
Mean effective pressure	26.9 bar
Piston speed	9.5 m/s

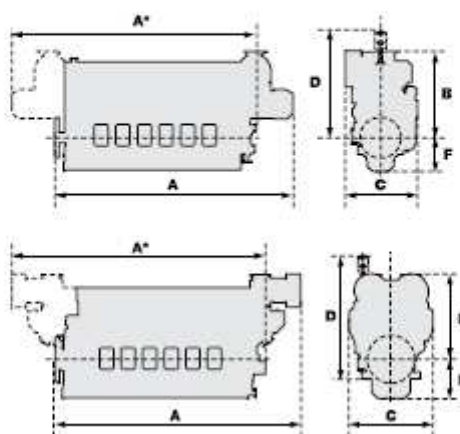
Fuel specification:	
Fuel oil	700 cSt/50 °C
	7200 sR1/100 °F
	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700
	SFOC 173 g/kWh
	at ISO condition

### IMO Tier II

Rated power	
Engine type	kW
6L38	4 350
8L38	5 800
9L38	6 525
12V38	8 700
16V38	11 600

Dimensions (mm) and weights (tonnes)								
Engine type	A*	A	B*	B	C	D	F	Weight
6L38	6 345	6 220	2 830	2 830	2 190 (2 210*)	3 135	1 115	51
8L38	7 925 (7 875**)	7 545 (7 495**)	2 820 (2 735**)	2 770 (2 690**)	2 445 (2 445**)	3 135	1 115	63 (62**)
9L38	8 525	8 145	2 820	2 770	2 445	3 135	1 115	72
12V38	7 815	7 385	2 930	2 930	3 030	2 855	1 435	88
16V38	9 130	8 945	3 105	3 105	3 030	2 855	1 435	110

\* Turbocharger at flywheel end. \*\* Dimension valid for 8L, FPP application only.  
For definitions see page 68.



61

En el Cuaderno 6 se llevo a cabo la elección de los mismos. Para ver mar características técnicas de estos se debe recurrir al Project Guide del motor que se adjunta como anexo.





Actualmente, a excepción los motores gas/fuel, no hay ninguno que cumpla con el nivel de emisiones de NOx TIER III (Regla 13 del Anexo VI Revisado de MARPOL (MEPC.176(58))). A partir del 1 de enero de 2016, los buques que operen en zonas de control de emisiones, ECAs, deberán disponer abordo de motores instalados que cumplan con IMO TIER III o disponer de una tecnológica añadida que permita cumplir con dicho nivel de emisiones. Actualmente, existen diversas tecnologías para reducir el nivel de emisiones de NOx, entre ellas cabe destacar la recirculación de gases de escape y la reducción catalítica selectiva.

El buque dispondrá de un sistema de reducción catalítica selectiva.



### 3 DISPOSICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA

El buque dispone de dos motores propulsores. Cada motor propulsor está conectado a una línea de ejes a través de una reductora de entrada/salida única de relación de reducción 5,83:1, de modo que las hélices y los motores estén funcionando en la zona de trabajo prevista, 103 r.p.m para el propulsor y 600 r.p.m para los motores respectivamente.

Cada reductora dispone de una toma de fuerza (PTO'S) de 937.5 kVA a 1800 r.p.m. que puede conectarse y desconectarse de su correspondiente propulsor, e incorpora todos los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento, tales como bombas, enfriadores de aceite, válvulas de mando eléctrica y sensores requeridos por la Sociedad de Clasificación. Cada toma de fuerza mueve un alternador de cola de 750 kWe.

La conexión entre cada motor propulsor y la reductora, así como entre la toma de fuerza y el alternador se realiza a través de un acoplamiento altamente elástico.

Los sistemas de control de los engranajes permitirán los siguientes modos de operación para cada línea de ejes mediante reductora asociada:

- Navegación con un solo motor.
- Navegación con dos motores (línea de ejes motriz y un generador de cola).
- Maniobra con uno o dos motores (línea de ejes motriz y generador de cola conectado a su correspondiente propulsor de proa).



## 4 LÍNEA DE EJES

### 4.1 INTRODUCCIÓN

El buque dispone de dos líneas de ejes. En el cuaderno 6 (Cálculo de potencia. Proyecto de propulsores y timones), puede verse el motivo de esta elección.

Cada hélice de paso variable estará movida por un motor propulsor, el cual acciona la línea de ejes a la que esta acoplada la hélice mediante una caja de engranajes reductores con embrague hidráulico incorporado y acoplamientos flexibles a los motores principales.

Cada línea de ejes estará constituida por un eje intermedio acoplado al engranaje reductor y dos ejes de cola acoplados a las hélices.

La longitud interior de cada línea de ejes estará sostenida por chumaceras de apoyo y doble bajar el tramo exterior por arbotantes.

Cada eje intermedio estará fabricado con acero forjado, mecanizado, con acabado medio en toda su superficie (excepto en la zona del luchadero a la caja de engranajes) y con acoplamiento hidráulico para la conexión a los ejes de cola. Los diámetros serán los exigidos por la Sociedad de Clasificación para transmitir la potencia máxima continua (MCR) de los motores.

El diámetro de cada eje intermedio se incrementará en 5 mm. (o más si lo requiriese la medida de las chumaceras de eje estándar) en la zona del luchadero y de los arbotantes de la hélice, el incremento se extenderá a una longitud de 100 mm. en exceso de la longitud de la chumacera de apoyo o de los arbotantes de eje.

Cada eje intermedio estará acoplado a su correspondiente eje de cola, que será de acero forjado, mediante acoplamientos hidráulicos instalados en los extremos de conexión de los ejes y con diámetros según exigencias de la Sociedad de Clasificación para transmitir la potencia máxima continua (MCR).

El acoplamiento entre los últimos ejes de cola y las hélices se realizará como recomienden los fabricantes de las hélices.

Los ejes de las hélices serán extraíbles hacia popa.

Cada eje de cola penetrará en el casco y estarán sostenidos por una bocina con casquillos de metal blanco, que estará sumergida en aceite lubricante, mantenido a presión por un tanque de alimentación por gravedad (dividió en dos, uno para cada bocina), situado a una altura apropiada de acuerdo con los requisitos del fabricante.

Los ejes de cola y los ejes intermedios estarán perforados para permitir el paso de las líneas hidráulicas de aceite para control de paso de las hélices. El taladro de los ejes de cola y de los intermedios será según requerimientos del fabricante de las hélices.



Los cojinetes de la bocina y arbotantes estarán instalados con resina epoxídica. La longitud y diseño de los cojinetes se especificará de acuerdo con la Reglas y cálculos de las chumaceras.

El sistema de lubricación para los casquillos de bocina incluirá los tanques de gravedad y tanque almacén de aceite con bomba de trasiego por motor eléctrico, además contará con bomba manual de respeto.

Los sensores de temperatura para monitorizar los cojinetes de la bocina se instalarán de acuerdo con las reglas de la Sociedad de Clasificación.

En cada extremo de las bocinas se instalarán cierres para aceite a fin de prevenir pérdidas de aceite (tipo simplex con cámara de aire).

Los cierres de proa serán de tipo anillo con revestimiento de hierro colado, y los de popa también serán de tipo anillo con revestimiento de bronce y camisa exterior de acero con superficie de rozamiento cromada (materiales finales de acuerdo al standard del fabricante).

## 4.2 ACCESORIOS DE LÍNEA DE EJES

### 4.2.1 Chumacera de los ejes

Se instalarán el suficiente número de casquillos radiales auto-alienables con lubricación por anillo, para fijar el sistema de ejes. Los casquillos de las chumaceras serán de hierro forjado y revestidos con metal blanco.

En el pedestal de la chumacera se incorporará un depósito con mirilla para indicación del nivel de aceite. El depósito estará provisto de un serpentín de circulación de agua dulce de refrigeración.

La parte inferior de la chumacera será desmontable y revestida con metal blanco.

### 4.2.2 Prensaestopas del mamparo

Se instalarán prensaestopas de mamparo donde la línea de ejes atraviese un mamparo estanco. Los prensaestopas y casquillos serán de tipo partido.

### 4.2.3 Dispositivos de fijación de los ejes

Se dispondrán dos dispositivos de fijación manuales, uno para cada línea de ejes, que deberán utilizarse con línea de ejes parada, permitiendo la operación del buque con la otra línea de ejes.



## 4.3 HÉLICES Y DISPOSITIVOS DE PROPULSIÓN

El buque estará provisto de dos hélices de paso variable de cuatro palas fabricadas con níquel-bronce.

Las hélices estarán provistas de control de carga, sistema eléctrico de maniobra y control local desde caja de distribución de aceite (según normas del fabricante).

La dirección de rotación de las hélices será de giro hacia dentro; es decir, la hélice de estribor, vista desde popa, girará en sentido anti-horario y la de babor en sentido horario.

A bordo se llevarán dos palas de respeto, una para cada hélice.

En cuaderno 6 puede verse en detalle como se ha llevado a cabo el diseño de la hélice.



## 5 GRUPOS GENERADORES

En el cuaderno 9, planta eléctrica, se obtuvo las necesidades de demanda eléctrica y se seleccionó los grupos generadores a instalar.

A continuación se presenta un breve resumen de la planta eléctrica elegida:

- 2 PTO's, una por cada línea de ejes de  kWe de potencia eléctrica o 937,5 kVA. Cada una de esta tomas de fuerza estarán situadas en el reductor de cada línea correspondiente.
- 3 Motores Auxiliares MAN 8L16/24.
- 1 Grupo de puerto MAN 4L 16/24

En el cuaderno 9 puede verse más datos de interés como, por ejemplo, datos técnicos de los grupos electrógenos elegidos.



## 6 SISTEMAS AUXILIARES DE PROPULSIÓN

### 6.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

#### 6.1.1 Introducción

Antes de comenzar con el desarrollo de la explicación del sistema de combustible del buque proyecto, es importante destacar que tanto los motores principales como los auxiliares y la caldera pueden consumir combustibles pesados (están preparados para consumir Fuel-Oíl pesado IFO 380, de hasta 700 cSt a 50 °C). Dado que este tiene un precio significativamente inferior que cualquier combustible más refinado, se impone la utilización del mismo, a pesar de implicar un sistema mucho más complejo ya que este es amortizado con relativa celeridad.

Aunque los motores puedan arrancar y parar con combustible pesado, el buque dispondrá de 3 tanques de Diesel-Oíl, DO, (uno almacén y dos de servicio diario), en previsión de una parada de cierta duración, ya que en este caso es preferible pasar a combustible ligero, limpiando así las tuberías, pues de otra forma sería necesario mantener circulación y calefacción durante la parada. En el apartado 7.1.3.3. Tanques de MDO se cita otras circunstancias en las que se aconseja también utilizar MDO.

Para el diseño de este sistema, así como el resto de sistemas auxiliares de los motores principales, se van a seguir las indicaciones que el fabricante da en el Project guide del motor principal.

El sistema de combustible se divide en cuatro subsistemas:

1. Sistema de almacenamiento.
2. Sistema de trasiego.
3. Sistema de tratamiento y limpieza.
4. Sistema presurizado de alimentación.

#### 6.1.2 Tipos de combustible empleado.

A continuación se dan una serie de consideraciones generales acerca del combustible empleado:

- La densidad es, en el caso de los combustibles marinos, alta, al tratarse de los subproductos de la destilación del petróleo.
- La viscosidad, por idénticas razones, tiene valores altos. Para poder hacer los trasiegos de combustible, es necesario calentarlo por encima de la temperatura de fluidez.



- El punto de inflamación es la temperatura mínima necesaria para que el combustible desprenda vapores que, se inflaman en presencia de una fuente ignición.
- El punto de fluidez es la temperatura más baja a la que el combustible puede fluir.
- Niveles altos de residuos de carbón deterioran la calidad de la combustión y provocan el deterioro de las partes del motor. Estos residuos se producen cuando se mezclan combustibles de distintas procedencias, por lo que es necesario filtrar y depurar el combustible antes de introducirlo en el motor.
- Las cenizas son producidas en la combustión. Éstas producen desgastes abrasivos en los motores, por lo que es necesario tratar los productos de la combustión.
- El contenido de agua del combustible debe reducirse con una purificación del combustible. Después de un tratamiento adecuado, el contenido de agua en el combustible no debe exceder el 0,2 %.
- El azufre contenido en el combustible produce, tras la combustión, dióxido de azufre que en presencia de agua produce ácido altamente corrosivo. Por ello la cantidad de azufre debe ser lo más baja posible.<sup>1</sup>
- El vanadio contenido en el combustible, en combinación con el sodio, forma mezclas corrosivas en los elementos calientes del motor, atacándolos y desgastándolos. Por ello la cantidad de vanadio debe ser lo más baja posible.

Se analizan a continuación los distintos combustibles usados.

#### 6.1.2.1 Marine Diesel Oil (MDO)

El Project guide del motor principal recomienda el uso de un combustible Marine Diesel Oil ISO 8217, Class DMB con las características siguientes:

MDO	
Densidad a 15 °C ( $kg/m^3$ )	< 990
Viscosidad cinemática a 40 °C ( $cSt$ )	< 11
Punto de inflamación (°C)	> 60
Punto de fluidez (°C)	< 0
Residuo de carbón (%)	< 0,30
Cenizas (%)	< 0,01
Sedimentos después de reposar (%)	< 0,10
Agua (%)	< 0,30
Azufre (%)	< 1,50
Vanadio ( $mg/kg$ )	< 600
Aluminio y silicio ( $mg/kg$ )	< 80

<sup>1</sup> En el nuevo Anexo VI revisado (MEPC.176(58)) puede verse el porcentaje de azufre en combustible permitido.





No obstante, el fabricante recomienda el funcionamiento continuo con fuel pesado, empleando combustible ligero en las situaciones de carga baja o de maniobra, como es el caso de la entrada y salida de puerto, en el proceso de arranque y para la alimentación del grupo de emergencia.

#### 6.1.2.2 Heavy Fuel Oíl (HFO)

En cuanto al combustible de consumo habitual, el Project guide del motor principal recomienda el uso de un combustible *HFO* con las características siguientes:

<i>HFO</i>	
Densidad a 15 °C ( $kg/m^3$ )	< 991
Viscosidad cinemática a 100 °C ( <i>cSt</i> )	< 55
a 50 °C ( <i>cSt</i> )	< 700
Punto de inflamación (°C)	> 60
Punto de fluidez (°C)	< 30
Residuo de carbón (%)	< 22
Cenizas (%)	< 0,15
Sedimentos después de reposar (%)	< 0,10
Agua (%)	< 1,00
Azufre (%)	< 5,00
Vanadio ( <i>mg/kg</i> )	< 600
Aluminio y silicio ( <i>mg/kg</i> )	< 80

Como la idea es que tanto el motor principal como los auxiliares consuman HFO, y dado que son motores de cuatro tiempos, que trabajan mejor con combustibles ligeros, aunque están preparados para consumo de HFO, se decide usar un combustible de viscosidad, en torno a 700 cSt a 50 °C tal y como se explica en el último párrafo del apartado anterior.



### 6.1.3 Descripción de los tanques de combustible del buque.

#### 6.1.3.1 Introducción. Resumen de tanques.

El buque dispondrá de los siguientes tanques de combustible:

	NOMBRE TANQUE	Masa(t)	Volumen(m <sup>3</sup> )
FUEL OÍL (HFO)	FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oíl)	325	344
	FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oíl)	102	108
	FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oíl)	118	125
	F01_DFE (Tanque Almacén Fuel Oíl)	102	108
	FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oíl)	113	120
	FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oíl)	131	139
	F02_DFE (Tanque Almacén Fuel Oíl)	113	120
	TSD1 (Tanque Servicio Diario)	31	33
	TSD2 (Tanque Servicio Diario)	31	33
	Tsed (Tanque Sedimentación)	68	73
	DERR. BAD. F.O. (Tanque Derrames y Reboses)	3	4
DIESEL OÍL (DO)	TA_DO (tanque almacen Diesel Oíl)	126	150
	TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oíl)	3	4
	TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oíl)	3	4
	Tanque Lodos		

#### 6.1.3.2 Tanques de HFO

##### 6.1.3.2.1 Cálculo de capacidad total de HFO a bordo.

El buque tiene que tener una capacidad total de combustible tal que cubra la autonomía especificada a la velocidad de servicio y el combustible necesario para las calderas auxiliares, así como grupos auxiliares, más un 10% de margen de seguridad sobre el combustible necesario para M.M.P.P's para cumplir con la normativa de entrada en puerto, es decir:

$$CM_T = (N^0 \cdot CM_{M.M.P.P}) \cdot 1.1 + CM_{Caux} + CM_{incinerador} + CM_{MM.AA}$$

siendo

- $N^0$  número de motores propulsores instalados.
- $CM_T$  capacidad másica total de combustible (t)
- $CM_{M.M.P.P}$  capacidad másica de combustible para un M.M.P.P (t)



- $CM_{\text{Caux}}$  capacidad másica combustible para consumo de la caldera auxiliar (t)
- $CM_{\text{MM.AA}}$  capacidad másica combustible para consumo de los Motores Auxiliares (t)

**1. Cálculo de capacidad másica de combustible para Motores Propulsores,**  
 $N^{\circ} \cdot CM_{\text{M.M.P.'s}}$ :

Como se indica en el Cuaderno 6, el buque dispone de dos motores propulsores Wärtsila semi-rápidos de 8 cilindros en línea y 600 rpm cuya potencia nominal es de 5800 kW (7888 CV).

Para el cálculo de combustible necesario para los mismos se ha de tener en cuenta que el buque ha de tener una autonomía para 8000 millas al 90% del MCR y con un 15% de margen de mar. Además hay que añadir el margen de entrada en puerto indicado en párrafos anteriores.

Por otro lado es necesario tener en cuenta que el poder calorífico del combustible pesado H.F.O que consumirá el buque es menor que el correspondiente para el que proporcionan los fabricantes de motores el consumo en banco de pruebas. Según se indica el Proyet Guide el poder calorífico de este último es 10200 kcal/kg (42700 kJ/kg) frente a las 9800 kcal/kg del primero.

Con lo que capacidad másica total de combustible necesaria para Motores Principales es:

COMBUSTIBLE PARA M.M.P.'s		
Potencia M.M.P.'s al 90 % MCR		10440
Autonomía (millas)		8000
Veslocidad servicio al 90% MCR con un 15% de margen de mar(kn)		17,3
Autonomía (días)		19
Autonomía(h)		462
Peso de combustible (t)		835
Poder cal. banco de pruebas (kcal/kg)		10200
Poder cal. combustible mercado (kcal/kg)		9800
Peso de combustible corregido (t)		869
Entrada en puerto +10% (t)		87
Capacidad masica para M.M.P.'s (t) ( $N^{\circ} \cdot CM_{\text{M.M.P.'s}}$ )		956

**2. Cálculo de capacidad másica de combustible para Motores Auxiliares,**  
 $CM_{\text{MM.AA}}$ :

La capacidad necesaria para Motores Auxiliares se ha estimado en el cuadernillo de Planta de Eléctrica. En él se ha obtenido que la capacidad de combustible necesaria es:



COMBUSTIBLE PARA M.M.AA's	
Capacidad másica para M.M.A.A's (t)	124

### 3. Cálculo de capacidad másica de combustible necesaria para la Caldera,

$CM_{Caux}$ :

El combustible necesario para cadera es obtenido en el apartado 10.7.1, siendo este:

$$C_c \approx 0,5 t$$

### 4. Cálculo de capacidad másica de combustible necesaria para el incinerador,

$CM_{incinerador}$ :

El combustible necesario para el incinerador lo hemos considerado despreciable.

**Luego la capacidad másica total de combustible,  $CM_T$ , que lleva el buque a bordo para atender las necesidades de Fuel Oil es:**

$$CM_T = 1081 t$$

#### 6.1.3.2.2 Tanques Almacén de HFO

Para evitar la mezcla de combustibles, que por su distinto origen, pueden resultar incompatibles (la mezcla de un combustible de origen parafínico con otro asfáltico puede provocar la precipitación de asfaltos de cadenas larga, que son de difícil eliminación en el proceso de tratamiento posterior), es conveniente dividir la capacidad del buque en líneas separadas, con lo que se evita así la necesidad de mezclar combustibles de distinto origen. Además el nuevo Anexo VI Revisado del MARPOL impone una reducción progresiva del porcentajes de azufre en combustible. Este porcentaje es muy bajo fundamentalmente en las denominadas ECAs y en especial a partir de 2016. Estas son las razones por la que se han dispuesto 7 tanques almacén de Fuel Oil. Además se disminuye los efectos debidos a superficies libres.

Para calcular la capacidad de los tanques almacén de HFO, restaremos a la capacidad total de HFO que lleva el buque a bordo todas aquellas partidas de HFO contenidas en tanques distintos a los tanques almacén. También se ha tenido en cuenta el HFO contenido en tuberías. Atendiendo a lo indicado, se concluye que la capacidad másica conjunta de los tanques almacén es:

$$CM_{TA}(t) = CM_T(t) - CM_{Tsd}(t) - CM_{TSD}(t) - CM_{tuberías}(t)$$

siendo

$CM_{TA}(t)$  capacidad másica tota de HFO en Tanques Almacén

$CM_T(t)$  capacidad másica total de HFO



$CM_{Tsd}$  (t) capacidad másica de HFO del Tanque de sedimentación

$CM_{TSD}$  (t) capacidad másica de HFO de los Tanques de Servicio Diario

$CM_{tuberías}$  (t) capacidad másica de HFO en tuberías

La capacidad del tanque de servicio diario ha sido calculada en el punto 6.1.3.2.3, la capacidad del tanque de servicio diario ha sido calculada en el punto 6.1.3.2.4 y la de combustible en tuberías ha sido calculada como un 5% del combustible total a bordo de HFO.

La capacidad volumétrica de los Tanques Almacén es:

$$CV_{TA}(m^3) = \frac{CM_{TA}(t) \cdot 1000}{\rho_{HFO} \left( \frac{kg}{m^3} \right)}$$

Para el cálculo de volumen de los Tanques Almacén, tendremos en cuenta un incremento de un 5 % por hierros y 2 % de margen de llenado, luego:

$$V_{TA}(m^3) = CV_{TA}(m^3) \cdot Mg_{hierr} \cdot Mg_{llenado}$$

siendo

$Mg_{hierr}$  el margen de hierros (refuerzos internos de tanque)

$Mg_{llenado}$  el margen de llenado

A continuación se presenta una tabla los resultados obtenidos de aplicar esta formulación.

Capacidad de Tanques Almacen de HFO		
Capacidad Total HFO (t)		1081
Capacidad de Tanque de sedimentación de HFO (t)		61
Capacidad de TSD de HFO (t)		56
Combustible en tuberías, aprox 5% de Capacidad Total (t)		54
Capacidad de Tanque Almacen de HFO (t)		909
Densidad prom (kg/m <sup>3</sup> )		944
Capacidad de Tanque Almacen (m <sup>3</sup> )		963
Margen de hierros (%)		5
Margen de llenado (%)		2
Volumen de Tanque Almacen (m <sup>3</sup> )		1031

### 6.1.3.2.3 Tanques de Sedimentación, $T_{sd}$

El combustible, antes de ser tratado en la depuradora, se somete a un proceso de decantación en el que precipitan el agua y otras impurezas de mayor densidad que el fuel, por efecto de la gravedad.



Para llevar a cabo ese proceso de decantación previo a la depuración se dispone un tanque que tendrá capacidad suficiente para satisfacer el consumo de fuel durante 24 horas de funcionamiento más un margen del 20 % por lodos, ya que con el tiempo se sedimentan lodos en el fondo reduciendo la capacidad del tanque. Este margen es mayor que el de los Tanques de Servicio Diario que luego se estudiarán porque en esta fase el HFO está más sucio. Otros márgenes a añadir son los siguientes:

- Margen de temperatura
- Margen de poder calorífico

Es necesario tener en cuenta que el poder calorífico del combustible pesado H.F.O que consumirá el buque es menor que el correspondiente al de los datos que proporcionan los fabricantes de motores, consumo en banco de pruebas.

Teniendo en cuenta los datos mencionados tenemos que la capacidad de HFO en toneladas del Tanque de sedimentación es:

$$C_{Tsd\ HFO} (t) = \frac{P_{MP} (kW) \cdot C_{eMP} \left( \frac{g}{kW \cdot h} \right) \cdot 24h}{10^6} \cdot M_{glodos} \cdot M_{gtemperatura} \cdot M_{gpoder\ calor}$$

y si consideramos un valor promedio de la densidad de  $991\ kg/m^3$ , tendremos que la capacidad en  $m^3$  es:

$$CV_{Tsd\ HFO} (t) = \frac{C_{M_{Tsd\ HFO}} (t) \cdot 1000}{\rho_{pro\ HFO\ 700} \left( \frac{kg}{m^3} \right)}$$

Para calcular el volumen del tanque, tendremos que tener en cuenta aumentar el volumen en un 5 % por refuerzos internos y en un 2% de factor de llenado.

A continuación se presenta una tabla con todos los datos obtenidos de llevar a cabo estos cálculos:



Capacidad de Tanques de sedimentación de HFO, Tsed			
Potencia M.M.P.P's (kW)			11600
Consumo M.M.P.P (gr/kW·h)			173
Autonomía de Tanque de sedimentación (h)			24
Margen de lodos (%)			20
Margen de temperatura (%)			2
Margen de poder calorífico (%)			4
Capacidad de Tanque de sedimentación (t)			61
Densidad prom (kg/m <sup>3</sup> )			944
Capacidad de Tanque de sedimentación (m <sup>3</sup> )			65
Margen de hierros (%)			5
Factor de llenado (%)			2
Volumen de Tanque de sedimentación (m <sup>3</sup> )			70

Según lo calculado el buque dispondrá de un Tanque de Sedimentación con una capacidad unitaria de 61 t (65 m<sup>3</sup>).

#### 6.1.3.2.4 Tanques de Servicio Diario, TSD

Según el Reglamento SOLAS, Capítulo II-1, Parte C, Regla 26.11 todo buque nuevo debe estar provisto de dos tanques de servicio destinados a cada tipo de combustible utilizado a bordo para la propulsión y los servicios esenciales, o medios equivalentes, cuya capacidad mínima de suministro sea de 8 horas para una potencia continua máxima de la planta propulsora y una carga normal de funcionamiento en el mar de la planta eléctrica. Sin embargo lo habitual es darle una capacidad unitaria tal que albergue suficiente combustible para que los Motores Principales funcionen 24 horas a la potencia MCR.

Con el tiempo, se sedimentan lodos en la parte baja del tanque. Esta reducción de la capacidad del tanque hay tenerla en cuenta para respetar siempre la consideración de 24 horas de capacidad. En consecuencia, se estima que es necesario aumentar la capacidad de los tanques entre un 10 y un 15%, habiéndose cogido un 10%.

Es conveniente añadir un margen por temperatura y un margen por poder calorífico.

Una vez calculada la capacidad del combustible de los Tanques de Servicio Diario, se obtendrá el volumen del mismo sin más que hacer una corrección del 5% por refuerzos internos del tanque y un 2 % de factor de llenado. La corrección de factor de llenado es una exigencia de MARPOL dice lo siguiente; "Capacidad del tanque de combustible líquido" es el volumen de un tanque, en m<sup>3</sup>, con un nivel de llenado del 98%.

El arranque y las primeras horas, salida de puerto y durante ±12 horas se realiza con combustible ligero. Luego se desconecta y comienza la alimentación desde uno de los Tanques de Servicio Diario hasta que se agota el mismo, en dicho momento la



alimentación se pasa al otro Tanque de Servicio Diario, en este momento, se dispondrán de 24 horas para que el tanque vacío se llene en las condiciones adecuadas, es decir, tiene que pasar un tiempo el combustible sedimentado/decantando (número de horas de las 24 en las que el líquido está quieto y calefactándose en el tanque de sedimentación) y el resto de horas será las de llenado del tanque, siendo estas las que dimensionan la depuradora a utilizar.

En la tabla que se presenta a continuación se lleva a cabo el cálculo de la capacidad de un tanque de servicio diario, para lo cual se ha tenido en cuenta lo indicado en los párrafos superiores:

Capacidad de cada Tanque de Servicio Diario de HFO, TSD_FO			
Potencia M.M.P.P's (kW)			11600
Consumo M.M.P.P (gr/kW·h)			173
Autonomía de Tanque de sedimentación (h)			24
Margen de lodos (%)			10
Margen de temperatura (%)			2
Margen de poder calorífico (%)			4
Capacidad de Tanque de Servicio Diario (t)			28
Densidad prom (kg/m³)			944
Capacidad de Tanque de Servicio Diario (m³)			30
Margen de hierros (%)			5
Factor de llenado (%)			2
Volumen de Tanque de Servicio Diario (m³)			32

Según lo calculado el buque dispondrá de dos Tanques de Servicio Diario con una capacidad unitaria de 28 t (30 m³) cada uno.

#### 6.1.3.2.5 Consideraciones

- Tanto el tanque de sedimentación como los de servicio diario tendrán fondos inclinados (10% min), para permitir el drenaje de los lodos que se acumulen en ambos tanques. Para asegurar un drenaje correcto, dispondrán de una alarma de alto nivel de agua.
- En los tanques almacén se instalarán serpentines de calentamiento de tal forma que sea posible mantener la temperatura entre 40°C-50°C (necesario para poder trasegar el combustible), como se indica en las especificaciones de motores principales y auxiliares.
- El tanque de sedimentación dispondrá de serpentines de calefacción para mantener la temperatura a 65 °C y a tal efecto se instalará un control de temperatura. El nivel mínimo es este tanque debe mantenerse tan alto como sea posible.
- Los tanques de servicio diario estarán aislados térmicamente y dispondrán de serpentines de calefacción para mantener la temperatura a 90 °C.

#### 6.1.3.3 Tanques de Marine Diesel Oil, MDO

Como ya se indicó se utilizará MDO en los siguientes casos:

Matías Bartolomé Robles y Borja Aguiló Pórtulas





- Arranques en frío.
- Durante la reparación del sistema de Fuel-Oil.
- Para la limpieza de tuberías antes de una parada prolongada (más de 5 días).
- Paradas de cierta duración.
- Generación de electricidad en puerto por falta de toma eléctrica en puerto.

Se dispone capacidad suficiente para abastecer a los Motores Principales durante al menos 48 horas.

Capacidad de los Tanques Almacén MDO			
Potencia M.M.P.'s (kW)			11600
Consumo M.M.P.P (gr/kW·h)			173
Autonomía del Tanque (h)			48
Margen de lodos (%)			8
Margen de temperatura (%)			2
Margen de poder calorífico (%)			4
Nº tanques			-
Capacidad unitaria(t)			110
Densidad prom (kg/m³)			840
Capacidad (m³)			131
Margen de hierros (%)			5
Factor de llenado (%)			2
Volumen de cada Tanque (m³)			141

El buque dispondrá de tres tanques de MDO (uno almacén y dos de servicio diario), con una capacidad conjunta de 110 t (131 m³).

Aparte de estos tanques de combustible, el buque dispondrá de un tanque de Diesel Oil para el generador de emergencia situado en el espacio en el que está este dispuesto.

#### 6.1.3.4 Tanques de reboses y derrames

Este tanque está destinado a recoger los hidrocarburos, tanto aceites como combustibles. En el vierten todas las sondas de rebose de cualquier tanque que lleve combustible y los derrames por mal funcionamiento de las bombas. Alcanzado un cierto nivel se activa una bomba que trasiega el combustible al tanque de sedimentación.

Su capacidad mínima está normalizada; suele dársele una capacidad igual al consumo efectuado por el M.M.P.P funcionando durante 5 horas al 100% del MCR.



Capacidad de Tanque de reboses y derrames				
Potencia M.M.P.P's (kW)				11600
Consumo M.M.P.P (gr/kW·h)				173
Capacidad mínima equivalente a 5 h de autonomía al 100% MMPP (h)				5
Capacidad de reboses y derrames (t)				10
Densidad prom (kg/m <sup>3</sup> )				944
Capacidad del tanque de reboses y derrames (m <sup>3</sup> )				10,6
Margen de hierros (%)				5
Factor de llenado (%)				2
Volumen del tanque de reboses y derrames (m <sup>3</sup> )				11,4

Luego el buque dispondrá de un tanque de rebose y derrames con una capacidad de 10 t (10,6 m<sup>3</sup>).

## 6.1.4 Sistema de llenado y trasiego de Fuel Oil y Diesel Oil.

### 6.1.4.1 Sistema de llenado

En cubierta se han dispuesto dos estaciones de toma de combustible, una para combustible ligero (DO) y otra para el pesado (HFO), con objeto de independizar ambos sistemas y evitar que el HFO ensucie el DO. Cada estación tendrá dos bocas de toma, una a cada banda del buque.

Las tomas de combustible estarán conectadas de forma que se llenen directamente los tanques almacén (tanto de DO como HFO) y el tanque de sedimentación de HFO. En caso necesario se pueden llenar también los tanques de servicio diario, aunque normalmente estarán aislados de estas tomas mediante bridas de cambio.

### 6.1.4.2 Sistema de trasiego de Fuel Oil y Diesel Oil

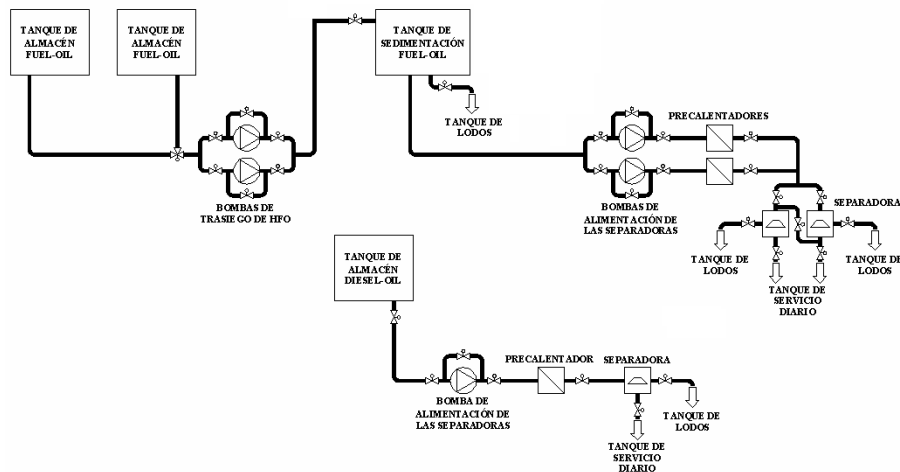
#### 6.1.4.2.1 Introducción

El cambio acaecido con la calidad de los combustibles ha incidido en su proceso a bordo desde el inicio. Tradicionalmente se trasegaba el combustible una vez por día desde los tanques almacén hasta el tanque de sedimentación. Desde esta aspiración las bombas de las purificadoras descargaban a su vez al tanque de servicio diario. En la actualidad esta práctica se ve modificada. La presión en el mantenimiento de la temperatura a la entrada de la purificadora, prohíbe que el trasiego se haga bruscamente en un corto periodo de tiempo.

El sistema más usado hoy en día es el basado en un nivel cuasí-constante en el tanque de sedimentación, cuya temperatura sufrirá sólo pequeñas variaciones. Por

otro lado, para mejorar la calidad del combustible es conveniente que pase más de una vez por la planta de tratamiento.

La configuración de los sistemas de trasiego y tratamiento de combustible es el siguiente:



#### 6.1.4.2.2 Descripción del sistema

Como se aprecia en el esquema que se adjunta, para trasegar el HFO, el sistema contará con 2 bombas, conectadas de forma que puedan trabajar quedando una de reserva de la otra:

- El trasiego de Fuel Oil de los tanques almacén al tanque de sedimentación, se realizará mediante una bomba de trasiego de HFO. Sin embargo, el sistema está diseñado para poder invertir el ciclo en caso necesario, de forma que dicha bomba pueda aspirar de los Tanques Almacén de Fuel Oil, del Tanque de Sedimentación de Fuel Oil y del Tanque de Rebose y Drenaje, y descargar en los Tanques Almacén de Fuel Oil, Sedimentación de Fuel Oil y al exterior (estación de llenado).
- Para poder trasegar el combustible desde los tanques almacén hasta el tanque de sedimentación, la temperatura del combustible deberá ser varios grados superior a la correspondiente al punto de goteo, de modo que pueda fluir. Esta es la razón por la que los tanques almacén disponen de serpentines de calentamiento de tal forma que sea posible mantener la temperatura de combustible entre 40 °C y 50°C (necesario para que sea bombeable) como se indica en las especificaciones de motores principales y auxiliares.
- El tanque de sedimentación dispondrá de serpentines de calefacción para elevar y mantener la temperatura a 65 °C y a tal efecto se instalará un control de temperatura.



La bomba de trasiego de Diesel Óil aspirará del tanque almacén de Diesel Óil y del tanque de servicio diario de Diesel Óil y descargará en el tanque de Diesel Óil del incinerador y al tanque de Diesel Óil para el equipo generador de emergencia.

#### 6.1.4.2.3 Bombas de trasiego de combustibles

Las dos bombas de trasiego de combustible, con aspiración en los tanques de almacén y descarga en el tanque de sedimentación, serán eléctricas horizontales rotativas. El caudal de estas bombas debe ser tal que puedan llenar el tanque de sedimentación en dos horas. Según lo ya calculado, la capacidad de dicho tanque es:

Capacidad de Tanque de sedimentación (t)	61
Densidad prom (kg/m <sup>3</sup> )	944
Capacidad de Tanque de sedimentación (m <sup>3</sup> )	65

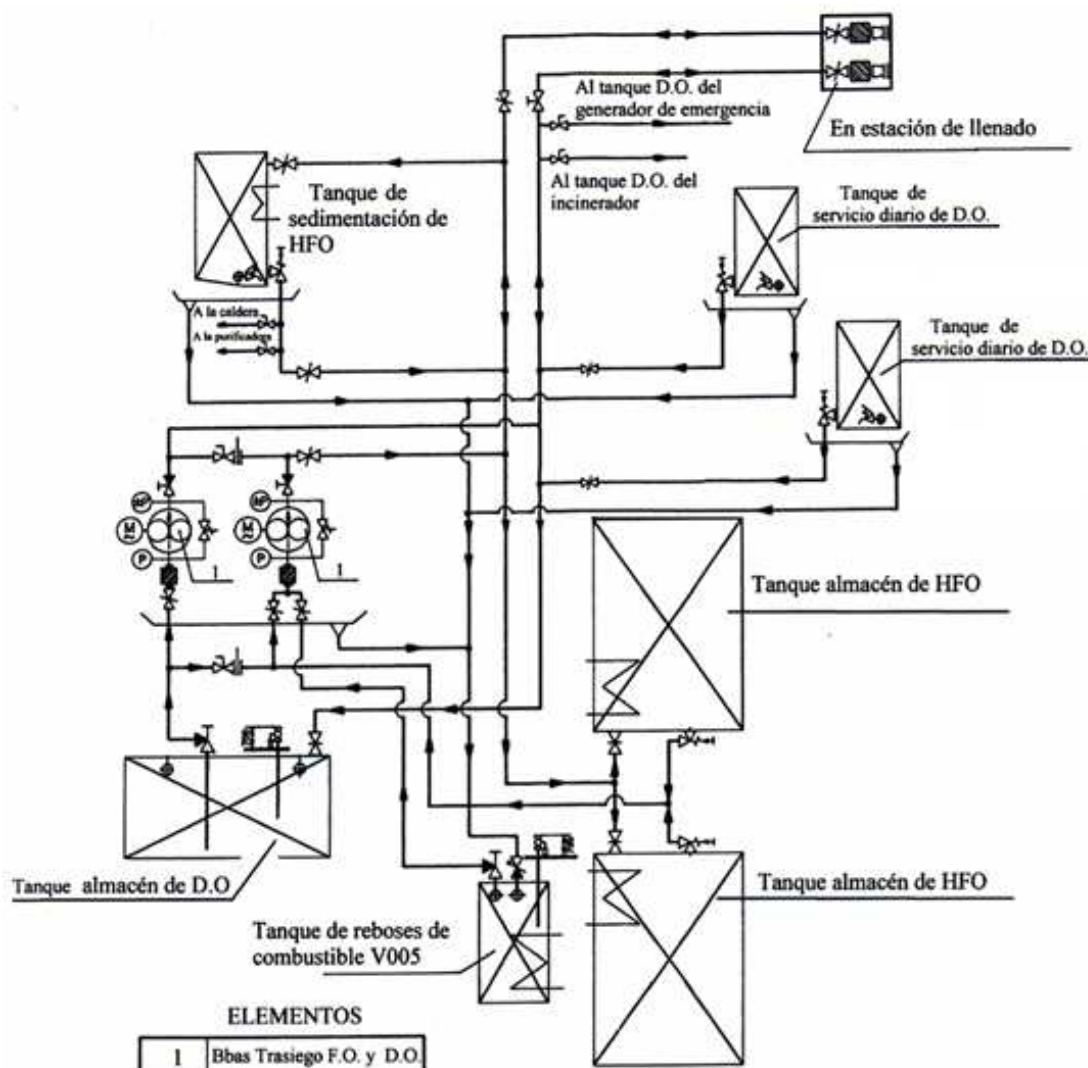
Por lo que las características de estas bombas serán las siguientes:

Bombas de trasiego de HFO			
Unidades instaladas / en servicio		2/1	
Tiempo de trasiego (h)		2	
Caudal (m <sup>3</sup> /h)		32	
Presión (bares)		3	
η <sub>mecánico</sub>			0,65
η <sub>eléctrico</sub>			0,70
Potencia bomba (kW)		6	

Como se indicó, el volumen de este tanque se debe mantener lo más constante posible para asegurar la invariabilidad de la temperatura del combustible, por lo que se instalan unas bombas automáticas con un control automático con unos sensores de nivel colocados en estos tanques. Sus características son las siguientes:

Bombas de trasiego de HFO para mantener nivel			
Unidades instaladas / en servicio		2/1	
Caudal (m <sup>3</sup> /h)		5	
Presión (bares)		5	
η <sub>mecánico</sub>			0,65
η <sub>eléctrico</sub>			0,70
Potencia bomba (kW)		2	

La configuración de los sistemas de trasiego y tratamiento de combustible es el siguiente:



**Figura 6-1** Sistema de trasiego de Fuel Oil y Diesel Oil de Tanques Almacén a Sedimentación y Servicio Diario respectivamente.

#### 6.1.4.3 Sistema de depuración de Fuel Oil y Diesel Oil

#### 6.1.4.3.1 Introducción

El combustible Diesel Óil no necesita otro tratamiento para ser enviado a los motores, que un filtrado final. Sin embargo, es recomendable la instalación de una separadora centrífuga para la eliminación de posibles contenidos de agua.

Los combustibles pesados (Como IFO 380) tienen en general muchas impurezas y contenidos en agua que pueden llegar a un 2 %, pudiendo ser agua salada y, por tanto, con alto contenido en sodio, además de las impurezas añadidas por transporte y almacenamiento. Las partículas sólidas presentes en el combustible son principalmente hollín, arena, polvo, impurezas procedentes de la corrosión de las



tuberías y del proceso de refino del crudo. Los contaminantes líquidos son fundamentalmente agua dulce y agua salada. Estas sustancias pueden dañar las bombas de combustible, los inyectores, las válvulas de exhaustación, etc. por lo que es necesario depurar el combustible.

Los sólidos pueden ser eliminados por filtrado y los contaminantes líquidos pueden ser separados por decantación aprovechando la diferencia de densidades. Una primera separación de agua y lodos se produce en los tanques de sedimentación, que además reducen las fluctuaciones de temperatura del fluido.

#### 6.1.4.3.2 Descripción del sistema

El sistema de tratamiento de combustible está formado por los siguientes elementos:

- Calentadores de combustible.
- Separadoras o depuradoras centrífugas.
- Filtros y bombas.

Dada la gran importancia que tiene que tiene la necesidad de depurar el combustible la depuradora estará duplicada (Principal y de reserva). Los demás equipos de la misma, como son bomba, calentador, filtro pueden o no estar duplicados.

Las depuradoras pueden montarse en serie o en paralelo.

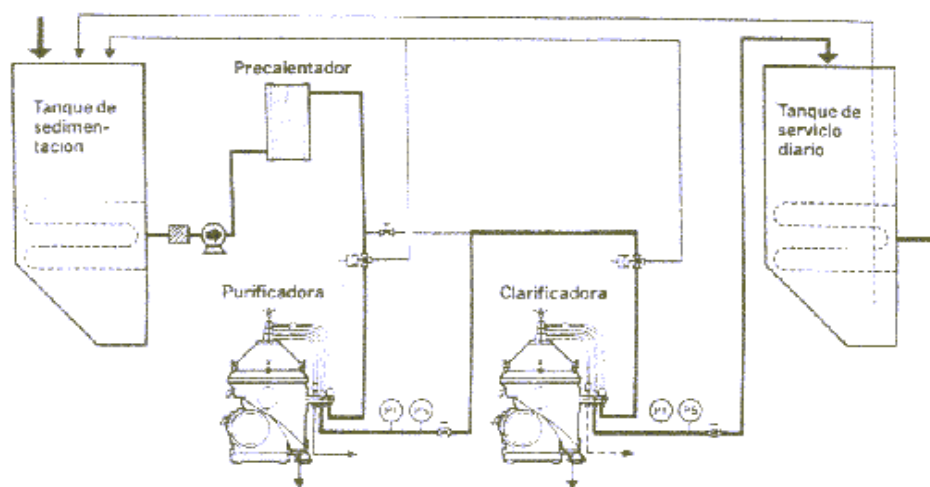
##### Montaje en serie:

- Las dos depuradoras trabajan el mismo tiempo
- Las dos, purificadora (previa) y clarificadora depuran el 100 % del caudal y se irán alternado
- El intercambiador calienta el 100 % del caudal

##### Montaje en paralelo

- Aunque en condiciones normales trabajan con el 50 % del caudal los equipos tienen que estar dimensionados para poder trabajar una sola con el 100 % del caudal.

En el proyecto en estudio, se decide instalar dos separadoras centrífugas colocadas en serie, trabajando la primera como purificadora separando lodos y agua, y la segunda como clarificadora eliminando lodos y sólidos. No obstante se conectan con la posibilidad de trabajar en paralelo. Esta configuración se traduce en una mayor seguridad ante el fallo de una de ellas. Por lo tanto se dimensiona cada una de ellas para el consumo específico del motor. Serán de tipo autolimpiables.



El proceso sería el siguiente; desde el tanque de sedimentación el combustible es enviado a las separadoras por medio de las bombas de alimentación de las separadoras, que operan a caudal constante. La constancia del flujo de combustible es esencial para mantener una buena separación. El caudal no debe verse afectado por las variaciones del consumo del motor, y en condiciones normales de funcionamiento de la planta, es superior a éste, por lo tanto se monta una tubería de rebose desde el tanque de servicio diario al de sedimentación.

La toma de combustible desde los tanques de almacén al tanque de sedimentación estará situada en la parte superior del tanque.

Entre los tanques de servicio diario de F.O. y el tanque de sedimentación de F.O. se instalará una tubería de recirculación. Además, esta tubería estará conectada a la parte inferior del tanque de servicio diario. Asimismo se instalará una tubería de recirculación entre el tanque almacén de D.O. y el tanque de servicio diario de D.O.

La depuradora de Fuel Oil (mediante la bomba de alimentación de las depuradoras) podrán aspirar del tanque de sedimentación de Fuel Oil (por un filtro dúplex) y descargarán en los tanques de servicio diario. Los reboses del tanque de servicio diario pasaran directamente al tanque de sedimentación.

En el tanque de servicio diario de Fuel Oil al que se ha suministrado combustible debe mantener una temperatura función de la calidad del combustible utilizado y especificada por el fabricante del motor. A tal efecto, dichos tanques estarán aislados térmicamente y dispondrán de serpentines de calefacción para mantener el combustible a una temperatura de 90 °C.

La tubería atmosférica y la de la válvula de seguridad de los calentadores de las depuradoras de combustible se dirigirán mediante un tubo de desaireación al tanque de reboses y derrames. Los drenajes de dichos calentadores también se dirigirán al mismo tanque de rebose y derrames.



La configuración de los sistemas de purificación de Fuel y Diesel Oil es la siguiente:

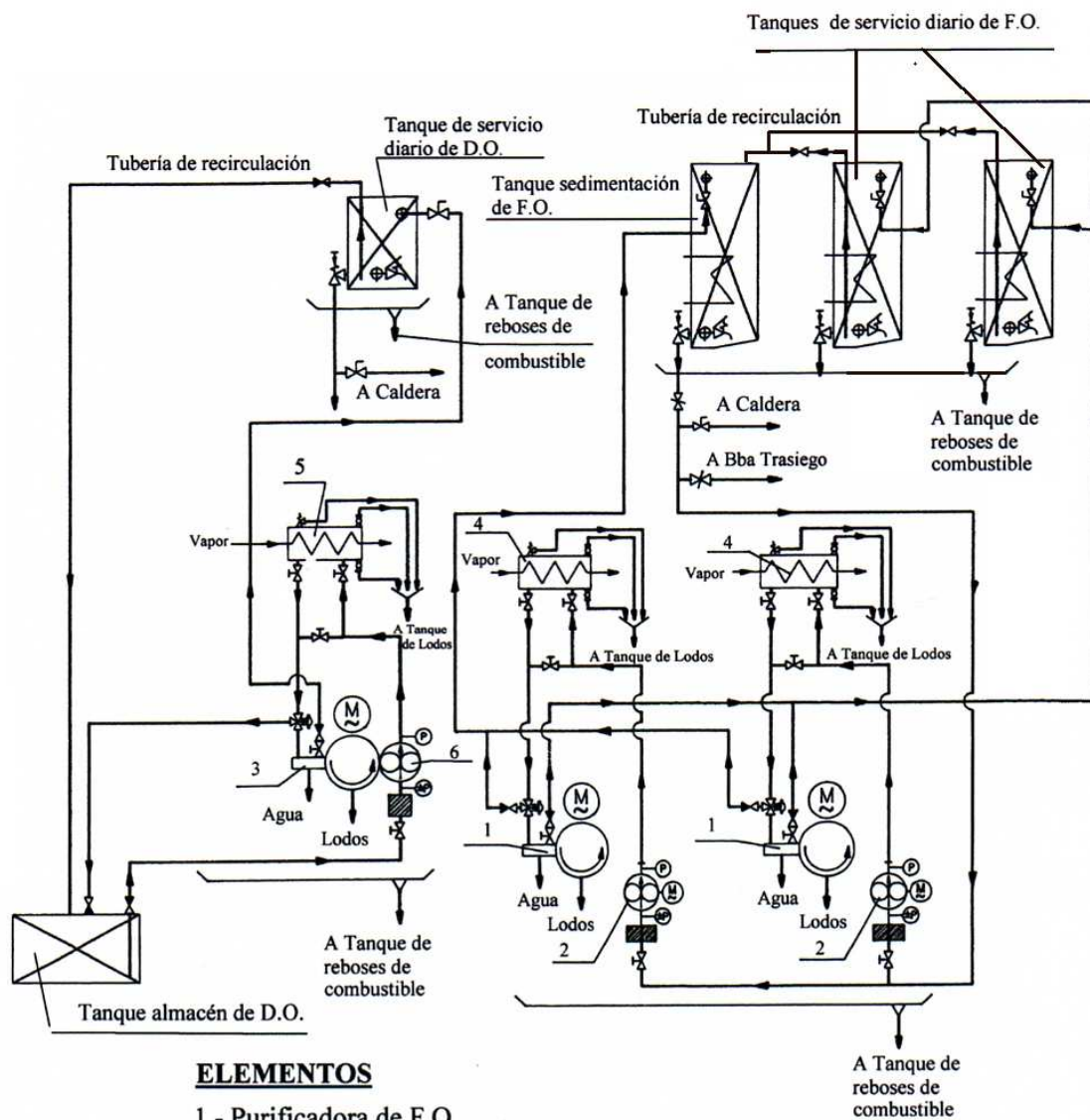


Figura 6-2 Sistema de Purificación de Fuel Oil y Diesel Oil





### 6.1.4.3.3 Dimensionamiento de los equipos del sistema

#### Capacidad de las separadoras de HFO

Como ya se ha indicado, se utilizará un sistema formado por dos depuradoras de combustible de tipo autolimpiables, que aspiran del tanque de sedimentación y descargan en el tanque de servicio diario. La capacidad de cada depuradora es tal que puedan depurar el combustible diario necesario para el motor principal en el tiempo disponible para depurar, es decir el valor mínimo sería<sup>2</sup>:

$$G_{\text{depuradora}} = PLR \cdot G^{\text{depuradora}}$$

donde

- $G_{\text{depuradora}}$  caudal mínimo necesario de cada purificadora (l/h)
- $PLR$  es el porcentaje de lodos retirados en la depuradora. Lo habitual es tomar un 10 % , a no ser que el fabricante de la depuradora indique un porcentaje.
- $G^{\text{depuradora}}$  es:

$$G^{\text{depuradora}} = \frac{\text{Consumo diario del M.M.P.P (l)}}{y (h)}$$

$$= \frac{P_{100\%MCR}(KW) \cdot C_{eM.M.P.P}(l/KW \cdot h) \cdot 24h}{y (h)}$$

24 horas disponibles para llenar TSD					
x horas decantando en Tsed			y horas disponible para depuradora		
			y = 24 - x		

Luego la depuradora tendrá la siguiente capacidad de purificación:

<sup>2</sup> El cálculo de la capacidad de las depuradoras es independiente de que estén montadas en serie o en paralelo, siempre se hace para el 100% del caudal.



Dimensionamiento de la planta depuradora de HFO		
Tiempo de decantación en Tsd (h)		12
Tiempo disponible para depurar (h)		12
Consumo diario de M.M.P.P's (t)		43
Consumo diario de M.M.P.P's (l)		45904
Margen por impurezas (%)		10
Caudal a depurar, (l/h)		4208
Capacidad de la purificadora elegida (l/h)		4500
Capacidad de la purificadora elegida (m³/h)		4,5

Se instalarán 2 depuradoras autolimpiantes para fuel oil, con una capacidad de 4500 l/h cada una.

### **Bomba de alimentación de las depuradoras de HFO**

Las bombas de alimentación de las depuradoras tendrías las siguientes características:

Bombas de alimentación de depuradoras de HFO			
Unidades instaladas / en servicio			2/1
Caudal (m³/h)			4,5
Presión (bares)			5
$\eta_{\text{bomba}}$			0,45
$\eta_{\text{eléctrico}}$			0,70
Potencia bomba (kW)			2,00

En el lado de la aspiración se monta un filtro para retener las partículas más gruesas, y proteger así la bomba de alimentación. Así mismo se instala un sistema neumático de regulación del caudal para lograr el flujo requerido por la planta de tratamiento y su constancia, sirviendo además para distribuir el caudal entre las separadoras si operasen en paralelo.

Después de las bombas de alimentación y previo a la entrada de las depuradoras, se eleva la temperatura del combustible haciéndolo pasar por un precalentador que controlará la temperatura de separación en  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . De este modo se lleva a cabo una depuración más eficaz. En ningún caso la temperatura del combustible debe superar la temperatura de evaporación del agua.

En el caso del *MDO*, al tratarse de un producto destilado, el aporte de impurezas es mucho menor, por lo que se puede usar directamente en el motor sin necesidad de tratarlo.

A pesar de ello se decide instalar una depuradora autolimpiante para diesel oil con una capacidad de 600 l/h.



### **Calentadores de vapor**

La instalación en estudio dispone de 2 calentadores de vapor, uno por separadora, de tipo placas y que tienen por objeto la calefactar el Fuel Oil para que se pueda llevar a cabo una buena separación. La separadora de Diesel Oil también cuenta con otro calentador de placas.

#### **6.1.4.3.4 Tanque de lodos**

El tanque de lodos almacena los lodos que se obtienen al vaciar el fondo de los tanques de sedimentación y de servicio diario, así como los residuos procedentes de las depuradoras de combustible, de aceite y la separadora de sentinas.

Las descargas del tanque de lodos se deben poder enviar a:

- Tanques de recepción en tierra
- Incinerador
- Tanques de slop a través de una manguera con una válvula de no retorno, una válvula de cierre y un sifón.

Este tanque debe poder acoplarse con el conducto de las instalaciones de recepción mediante su conducto de descarga. Para ello, estará provisto de una conexión universal cuyas dimensiones se especifican en el Convenio MARPOL, Anexo I, capítulo III, regla 13 (conexión universal a tierra)

La capacidad del Tanque de Lodos viene reglamentada por MARPOL (Reglas para la prevención de contaminación por hidrocarburos), la regla 15 (Tanques para residuos de hidrocarburos-fangos). Este distingue a tal efecto las siguientes clasificaciones de buques:

- Buque que no lleva agua de lastre en los tanques de combustible líquido
  - Sin incinerador
  - Con incinerador o homogenizador
- Buque que lleva agua de lastre en los tanques de combustible líquido
- Buque que no lleva agua de lastre en los tanques de fuel oil
  - Sin incinerador
  - Con incinerador o homogenizador

Este buque no lleva agua de lastre en los tanques de combustible líquido y dispondrá de un incinerador. En consecuencia MARPOL prescribe la siguiente capacidad mínima de los tanques de fangos (V1):



$V1 = 1 \text{ m}^3$  para buques de arqueo bruto igual o superior a 400 pero inferior a 4 000, o  $2 \text{ m}^3$  para buques de arqueo bruto igual o superior a 4 000.

Luego según normativa, este buque debería llevar una capacidad mínima total igual a  $2 \text{ m}^3$ . En el buque se ha decidido instalar dos tanques de lodos, uno a babor, TL\_B y otro a estribor, TL\_E, teniendo cada uno una capacidad aproximada de  $1,29 \text{ m}^3$  (1,17 toneladas).

La descarga en puerto se hace mediante la bomba de lodos, de tipo maceradora, que puede descargar a instalaciones de tierra mediante un sistema de tuberías dotado de una conexión internacional. La capacidad de la bomba será tal que descargue el contenido del tanque de lodos en un tiempo máximo de 2 horas, en consecuencia necesitaría una potencia eléctrica de:

Bombas de lodos			
Unidades instaladas / en servicio			2/1
Caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ )			1,29
Presión (bares)			3
$\eta_{\text{bomba}}$			0,45
$\eta_{\text{eléctrico}}$			0,70
Potencia bomba (kW)			0,34

Dado que esta bomba también tiene la posibilidad de llevar a cabo la descarga del “tanque de sentinas”, ver esquema de sentinas del punto 9 del cuadernillo 8, se ha decidido instalar dos bombas, estando una de respecto, de una demanda eléctrica de 1kW cada una.



## 6.1.5 Sistema presurizado de alimentación de los Motores Principales

Los motores WÄRTSILA 38 8L38 están equipados con una bomba de alimentación de combustible accionada eléctricamente, garantizando un correcto caudal y presión para cada motor. Teniendo en cuenta la futura calidad del combustible y para minimizar la cantidad de combustible a alta temperatura se instalará un sistema de alimentación presurizado. La presión en el sistema previene la formación de gases y vapor en la línea de retorno de los motores. Las tuberías estarán convenientemente calorifugadas y equipadas con indicadores de temperatura, pudiendo ser posible la desconexión del calentamiento en todas las tuberías.

Antes de que el combustible entre en los motores hay que rebajar su viscosidad hasta un valor comprendido entre 16 y 24 cSt. Dicha viscosidad se obtiene al calentar el combustible hasta una temperatura del entorno de 135 °C (IFO 380), lo que obliga a presurizar este, para que no se produzca ni evaporación del posible contenido del agua, ni gasificación de alguna de las fracciones en caso de que el combustible fuera procedente de mezcla de combustibles residuales con productos de destilación.

Analizadas las razones que justifican la instalación de un **sistema de alimentación presurizado**, pasamos a describir éste detenidamente, así como los equipos de los que está formado:

- Si queremos evitar la evaporación del agua que puede contener el combustible y un excesivo desprendimiento de gases, la presión del combustible una vez calentado, no debe bajar de los 3 bares. Esto obliga a dividir el sistema de alimentación en dos sectores, uno de baja presión a 3 bares y otro de alta con una presión de salida de las bombas de 6 bares.
- El equipo de suministro de los motores principales consistirá en 2 unidades suministradoras. Se dispondrá una **unidad de suministro** para cada motor. Cada una de las unidades mencionadas consistirá en:
  - Dos bombas de Alimentación de Combustible (Booster), bombas de baja presión.
  - Dos bombas de Circulación, bombas de alta.
  - Una bomba de emergencia de Diesel Oil.
  - Un filtro automático.
  - Un filtro manual doble.
  - Dos calentadores.
  - Un viscosímetro.
  - Un flujometro.
  - Un tanque Buffer.

A continuación se describe brevemente cada uno de los elementos listados que componen la unidad de suministro de combustible:

### **Bombas de alimentación o de baja:**

Las bombas de alimentación de combustible, bombas de baja, aspiran de los tanques de servicio diario de Fuel Oil y de Diesel Oil a través de un filtro y una válvula de 3 pasos. Estas bombas descargan en el tanque regulador ("buffer") respectivo, instalado en el circuito de alta presión, a través de filtro automático y del caudalímetro. La presión de descarga está controlada por una válvula de regulación que comunica la aspiración de la bomba con la descarga.

Las características de dichas bombas las obtenemos siguiendo las indicaciones del fabricante del Motor Principal. El caudal a considerar es ligeramente superior al consumo de cada motor; se ha tomado el 110 % de la máxima cantidad de Fuel Oil consumido por cada motor.

Bombas de alimentación o de baja de M.M.PP				
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)				173
Consumo por hora de cada motor (kg/h)				1003
Densidad prom (kg/m³)				944,3
% de caudal de consumo de motor				110
Unidades instaladas / en servicio				42
Caudal de alimentación (m³/h)				1,17
Presión (bares)				6
η <sub>bomba</sub>				0,45
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor eléctrico (kW)				0,62

En definitiva, cada unidad suministradora llevara dos bombas de alimentación, de husillo capaz de dar un caudal de 1,17 m³/h a una presión de 6 bares. Para ello, cada bomba estará accionada por un motor eléctrico de al menos 0,62 kW. Añadir que tienen que soportar una temperatura de funcionamiento de 90°C.

### **Filtro automático**

Los datos técnicos de diseño del filtro automático instalado en cada unidad suministradora entre las bombas de alimentación y el tanque regulador so los siguientes:

- Temperatura de diseño 90°C.
- Precalentamiento 180cSt/50°C.
- Presión de funcionamiento 10 bar.
- Finura Medida de la malla máxima 10µm.
- Caída máxima de presión
  - Filtro limpio 0.2 bar.
  - Alarma 0.8 bar.

### **Bomba de circulación o de alta.**

Las bombas de circulación, denominadas bombas de alta, aspiran del tanque regulador (“buffer de la unidad de suministro asociada”) y descargarán en su respectivo motor a través del calentador. La entrada de vapor en el calentador está gobernada por un viscosímetro. El combustible antes de entrar en el motor pasa por un filtro caliente (un filtro dúplex accionado manualmente por el motor). Las bombas de alimentación de alta darán un caudal entre 3 y 4 veces superior al consumo máximo del motor y una presión de descarga de 12 a 14 bares aproximadamente. Tras el calentador, parte del caudal es enviado por las bombas de inyección a las inyectoras y el resto pasa a la tubería de retorno y a la unidad de venteo. Las posibles formaciones de gases y vapores así como el aire que se hubiera podido incorporar al circuito son aquí eliminados a través de válvulas de flotadores y de un purgador. Finalmente el combustible retorna al tanque “buffer”.

Siguiendo un procedimiento de dimensionamiento análogo al anterior (basándonos en información extraída del General Technical Data del motor) las bombas de alta de circulación de combustible tendrán las siguientes características:

Bombas de circulación o de alta de MM.PP			
Consumo por hora de cada motor (m³/h)			1,1
Caudal entre 3-4 veces superior al consumido			3,5
Unidades instaladas / en servicio			4/2
Caudal (m³/h)			3,72
Presión de funcionamiento (bares)			13
Temperatura de funcionamiento (°C)			< 140
η <sub>bomba</sub>			0,4
η <sub>eléctrico</sub>			0,70
Motor eléctrico (kW)			4,84

En definitiva, cada unidad suministradora llevara dos bombas de circulación, siendo cada una capaz de dar un caudal de 3,72 m³/h a una presión de 13 bares. Para ello, cada bomba estará accionada por un motor eléctrico al menos 4,84 kW. Añadir que tienen que soportar una temperatura de funcionamiento de 90°C.

### **Calentadores**

Los calentadores (uno de reserva del otro) están diseñados para mantener una viscosidad de inyección de 14 cSt. La temperatura a la entrada del motor no excederá los 140 °C. Para evitar el craking del combustible, la temperatura superficial del calentador no deberá ser demasiado alta.

### **Viscosímetro del calentador**

La potencia del calentador será controlada por el viscosímetro, cuya punto de ajuste será ligeramente inferior, para compensar las pérdidas de calor en las tuberías.

Deberá disponer de un control termostático, para poder ser usado como medida de seguridad cuando el viscosímetro esté averiado. El diseño será tal que soporte las puntas de presión ocasionadas por las bombas de inyección del motor. Los datos de diseño del viscosímetro son:

- Margen de viscosidad 16..24cSt.
- Temperatura de funcionamiento 140 °C.
- Presión de funcionamiento 40 bares.

### **Colector de retornos, tanque regulador, buffer o de mezclas**

Se instalarán dos tanques, siendo su capacidad de almacenamiento la correspondiente a 20 minutos de consumo de cada motores, es decir:

Capacidad de colector de retornos del Sistema de MM.PP			
Autonomía que tiene que dar (min)			20
Autonomía que tiene que dar (h)			0,33
Potencia Motor Principal (kW)			5800
Nº de motores a atender por el colector			1
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)			173
Capacidad del colector (kg)			334
$\rho_{media}$ (kg/m³)			944
Capacidad del colector de retornos (m³)			0,35
Margen de hierros (%)			5
Volumen del colector de retornos (m³)			0,37

Este tanque estará a una temperatura de 90 °C y una presión de servicio de 10 bares. Estará ocupado con una válvula de ventilación y controlado por un interruptor de nivel. También estará aislado y equipado con un serpentín de calefacción. La tubería de ventilación estará dirigida hacia abajo, al tanque de reboses.

Aunque el sobrante de combustible de cada motor, cuando este funciona en condiciones normales, se dirigirá al tanque regulador, después de cada respiro, se dispondrá una válvula tridireccional a fin de permitir la descarga al tanque de servicio de Fuel Oil.

### **6.1.6 Sistema de alimentación de combustible de los Motores Auxiliares**

Este sistema en cuanto a su configuración, es similar al sistema de alimentación de combustible de los motores principales. Constará de una unidad suministradora de combustible para los 3 Motores Auxiliares. Dicha unidad constará a su vez de los siguientes equipos:



- Dos bombas de alimentación de combustible, bombas de baja presión.
- Dos bombas de circulación, bombas de alta.
- Una bomba de emergencia de Diesel Oíl.
- Un filtro automático.
- Un filtro manual doble.
- Dos calentadores.
- Un viscosímetro.
- Un caudalímetro.
- Un tanque buffer.

### **Bombas de alimentación**

La bombas de alimentación de combustible aspirarán de los tanques de servicio diario de Fuel Oíl ó Diesel Oíl, a través de una válvula de 3 pasos, y descargarán en el tanque regulador ("buffer"), a través del filtro automático y del caudalímetro. Para el dimensionamiento de estas bombas hemos considerado que has de proporcionar un caudal mínimo de 160 % de la máxima cantidad de Fuel consumido por 3 motores.

Bombas de alimentación de combustible de M.M.A.A				
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)				185
Consumo por hora de 3 motores (kg/h)				333
Densidad prom (kg/m³)				840
% de caudal de consumo de motor				160
Unidades instaladas / en servicio				2/1
Caudal (m³/h)				0,63
Presión (bares)				6
η <sub>bomba</sub>				0,4
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor electrico (kW)				0,38

En definitiva, la unidad suministradora llevará 2 bombas de alimentación, de husillo y resistentes a la temperatura cuyas características se ajusten a las calculadas.

### **Bombas de circulación:**

Las bombas de circulación aspirarán del tanque regulador y descargarán en los motores a través de dos calentadores, viscosímetros, y filtros (filtro automático y doble manual; tubería única de descarga para los 3 motores). Las características de dichas bombas serán las siguientes:

Bombas de circulación de combustible de M.M.A.A				
Unidades instaladas / en servicio				2/1
Caudal (m³/h)				0,63
Presión de funcionamiento (bares)				10
Temperatura de funcionamiento (°C)				< 140
η <sub>bomba</sub>				0,4
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor electrico (kW)				0,64



### **Colector de retornos, tanque regulador, buffer o de mezclas**

La capacidad del tanque regulador, buffer o de mezclas, será tal que su capacidad de almacenamiento sea la correspondiente a 5 minutos de consumo de dos motores, es decir:

Capacidad de colector de retornos del Sistema de MM.AA		
Autonomía que tiene que dar (min)		5
Autonomía que tiene que dar (h)		0,08
Potencia (kW)		1800
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)		185
Capacidad del colector (kg)		28
$\rho_{media}$ (kg/m <sup>3</sup> )		840
Capacidad del colector de retornos (m <sup>3</sup> )		0,033
Margen de hierros (%)		5
Volumen del colector de retornos (m <sup>3</sup> )		0,035

Este tanque estará a una temperatura de 90 °C y una presión de servicio de 10 bares. Estará ocupado con una válvula de ventilación y controlado por un interruptor de nivel. También estará aislado y equipado con un serpentín de calefacción. La tubería de ventilación estará dirigida hacia abajo, al tanque de reboses.

El derrame de combustible de los Motores Auxiliares se dirigirá al tanque de reboses y drenaje de combustible.

Para funcionar con Diesel Óil, los Motores Auxiliares serán alimentados por una bomba que aspira del tanque de servicio diario y descargará en los motores.

A continuación se presenta el esquema del sistema de alimentación de combustible de los Motores Auxiliares.

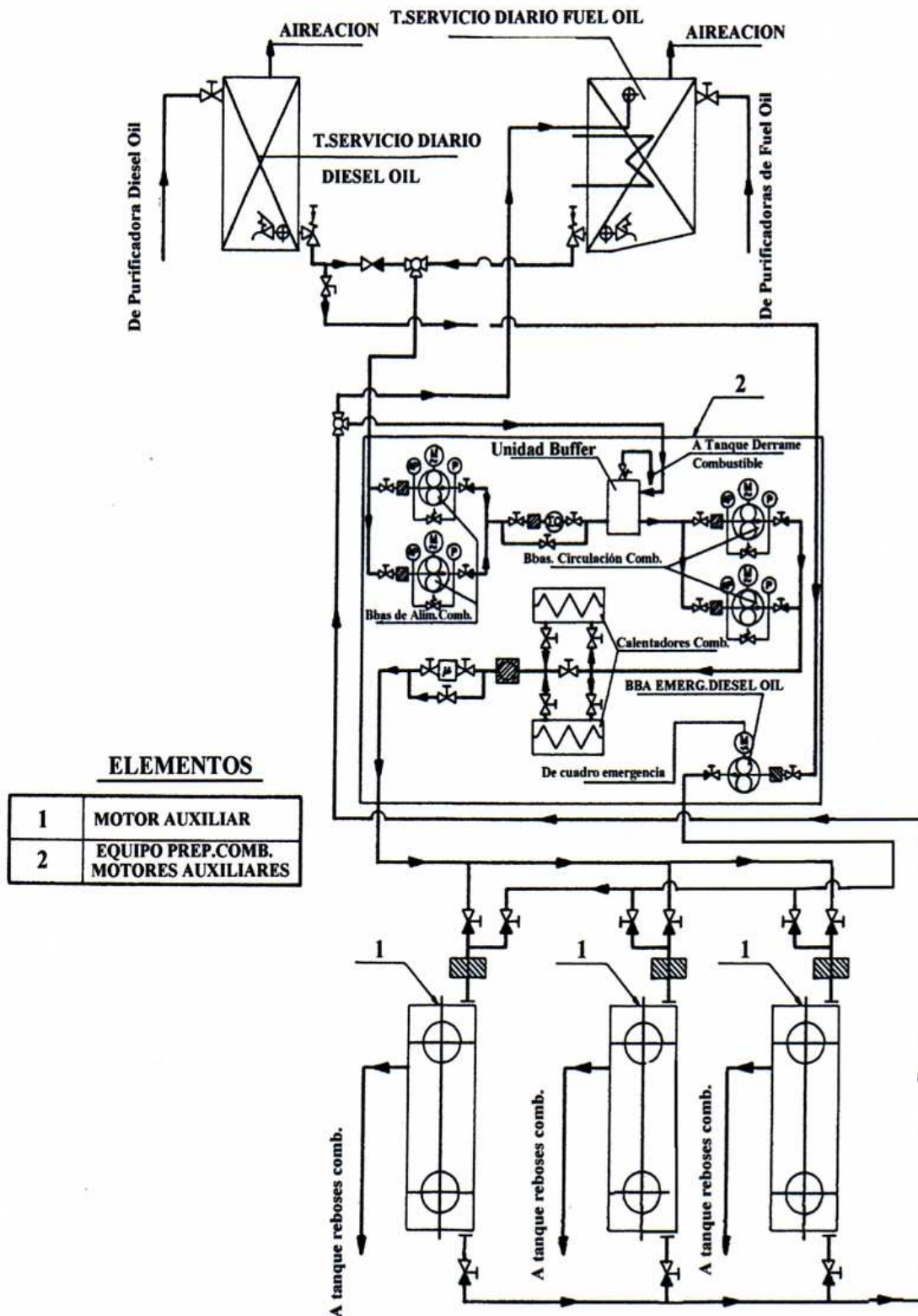


Figura 6-3.-Sistema de alimentación de combustible de Motores Auxiliares

### 6.1.7 Sistema de alimentación de combustible a la caldera

La caldera incorporará una bomba de alimentación de combustible, que aspirará de los tanques de Fuel Oil y Diesel Oil y descargará en el quemador de la caldera, volviendo el exceso de Fuel Oil o Diesel Oil a la aspiración de la bomba antes del filtro.

Si lo exige el fabricante de la caldera, en el filtro de aspiración se dispondrá calefacción por vapor.

El esquema de alimentación de combustible de la caldera es el siguiente:

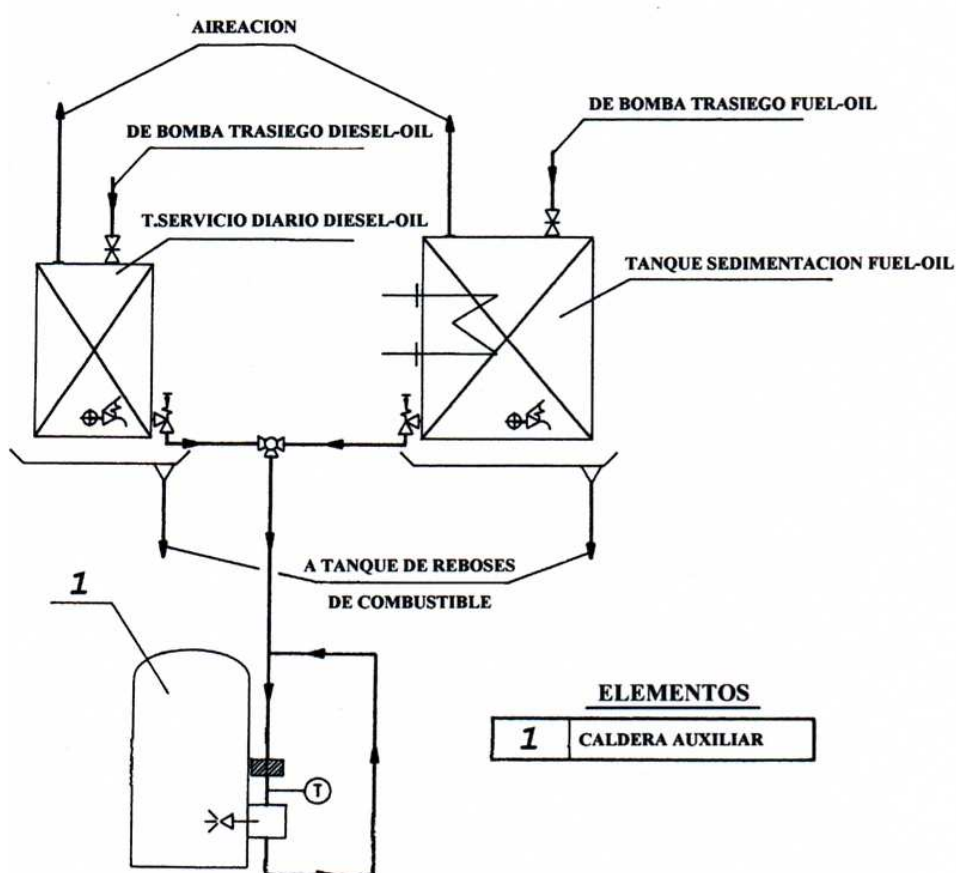


Figura 6-4.-Alimentación de combustible a caldera.



### 6.1.8 Reboses y respiros de tanques de combustible

Los tanques almacén de combustible, y en general los tanques de sedimentación y servicio diario de combustible, estarán provistos de tuberías de ventilación. Cada tanque almacén de combustible, en zona de carga, estará provisto de una tubería de ventilación independiente que será dirigida a la cubierta superior.

Las ventilaciones de los tanques de sedimentación y servicio de Fuel Oil se dirigirán al colector de atmosféricos y terminarán en cuello de cisne con pantallas apagachispas.

El rebose del tanque de servicio de Diesel Oil se dirigirá al tanque almacén de Diesel Oil.

El rebose de los tanques de combustible pesado se dirigirá al tanque de reboses de fuel.

Las tuberías de reboses de cada tanque almacén de Fuel Oil se reunirán en una principal que se dirigirá al tanque de reboses de Fuel a través de un dispositivo de alarma.

Alrededor de las tuberías de ventilación de combustible de los servicios de la Sala de Máquinas, se instalarán bandejas, así como en las tomas de combustible de cubierta.

El tanque de reboses de combustible recogerá también las pérdidas de Fuel de las bombas de inyección, y los drenajes de las bandejas de goteo, calentadores y filtros.



### 6.1.9 Alimentación de combustible al Grupo de Emergencia

Para la alimentación de combustible Diesel Óil del Generador de Emergencia se dispondrá en el local del grupo de emergencia un tanque de Diesel Óil.

La bomba de trasiego de Diesel Óil aspirará del tanque de servicio diario de Diesel Óil, descargando al tanque anteriormente citado. Desde este, por gravedad, se alimentará al grupo de emergencia.



### 6.1.10 Alimentación de combustible al Incinerador

El incinerador estará provisto de un tanque de servicio de Diesel Oíl, exclusivo, para encendido. Conforme a los requisitos del fabricante, se dispondrá una bomba inyectora de Diesel Oíl ó Fuel y un quemador.

Además el incinerador podrá quemar residuos de aceite sólidos. Se dispondrá un tanque exclusivo para residuos de aceite así como un quemador y una bomba inyectora de residuos de aceite, según requisitos del fabricante.

Las tuberías y drenajes de residuos de aceite tendrán acompañamiento de vapor.

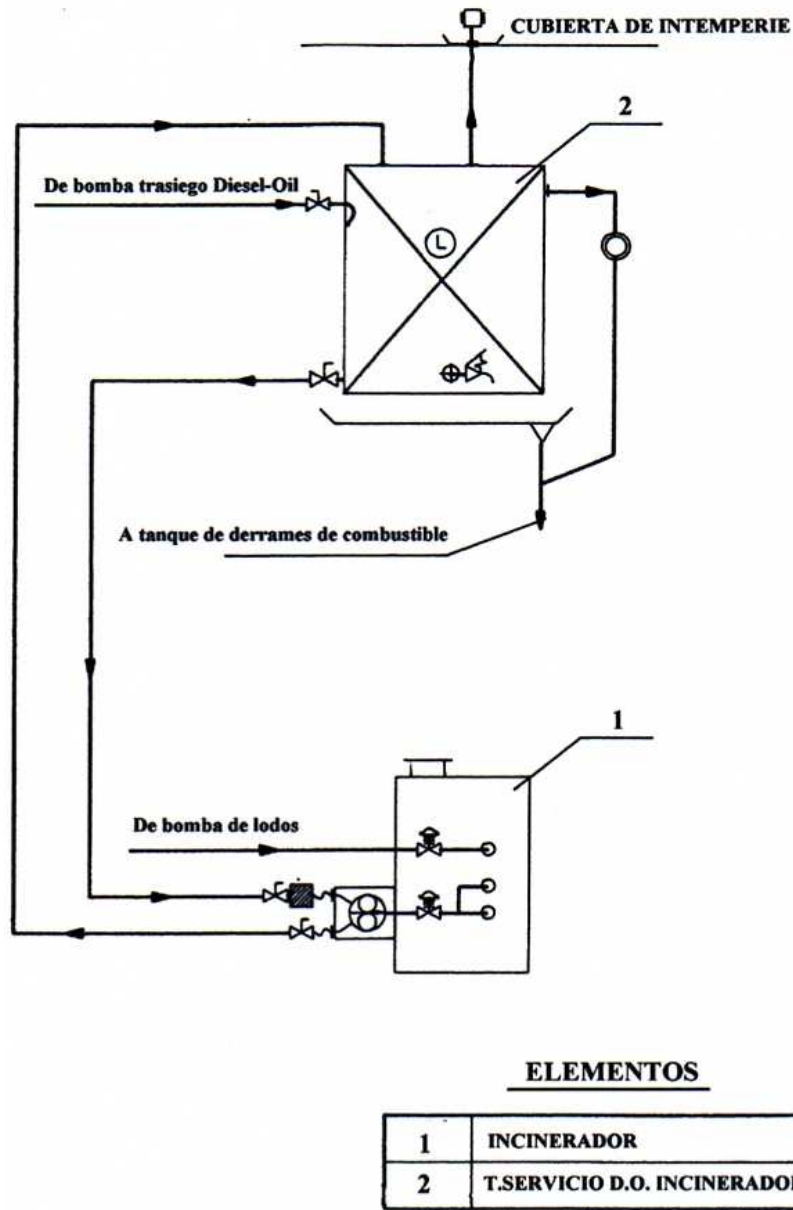


Figura 6-5.-Alimentación de combustible a incinerador.





## 6.2 SISTEMA DE ACEITE LUBRICANTE

### 6.2.1 Sistema de aceite lubricante de Motores Principales.

#### 6.2.1.1 Introducción

A efectos del servicio de lubricación, lo que caracteriza a los motores de émbolo buzo es la comunicación entre el espacio de cilindros y el espacio de cárter, lo que obliga a que el aceite de camisas y el cojinete haya de ser el mismo. Las funciones que debe cumplir el aceite lubricante son las siguientes:

- Reducción de rozamiento y desgaste.
- Refrigeración de componentes.
- Sellado entre los aros de pistón y camisas.
- Prevención de corrosión a altas y bajas temperaturas.

Además debe ser capaz de neutralizar subproductos desfavorables de la combustión y debe reunir propiedades detergentes y dispersantes.

Los requerimientos para el aceite varían en función del combustible que el motor va a consumir. En motores que queman combustible pesado, como los de este buque, es de esperar la presencia de contenidos altos de azufre<sup>3</sup>. Los productos inquemados y los restos de combustión se incorporarán al aceite del cárter.

Este ensuciamiento del aceite conduce a una situación muy delicada. Para que la vida de un motor sea medianamente longeva es imprescindible que el aceite se mantenga en buenas condiciones. Por esto, el aceite de motores de émbolo buzo consumiendo combustible pesado fuerza a tomar una de las dos siguientes decisiones:

- La primera sería un cambio de aceite cuando estuviese sucio. Esto conduciría a cambiar el aceite con una periodicidad notable, cada 3 o 4 días sería necesario cambiar la totalidad del mismo. Esto representa un coste altísimo siendo por tanto una solución descartada.
- La segunda posibilidad es colocar una purificadora de aceite para cada uno de los motores, de modo que la totalidad del mismo este continuamente siendo filtrado, llegando incluso a tasas de 8 pasos por hora por el circuito de limpieza. Así se explica la necesidad de una calidad alta de filtrado.

<sup>3</sup> El porcentaje de azufre en combustible está regulado por el Anexo VI del MARPOL. Se podrá llevar a bordo un combustible con un porcentaje de azufre superior siempre y cuando se cuente con una tecnología que reduzca el nivel de emisiones en valores equivalentes a los de utilizar el combustible con el nivel de azufre prescrito.



El sistema de aceite lubricante de estos motores de émbolo buzo consumiendo combustibles residuales, incluye un servicio separado de lubricación de camisas, por lo que consta de dos circuitos que los denominamos:

- Sistema externo de aceite lubricante.
- Sistema de lubricación de camisas.

### 6.2.1.2 Sistema externo de aceite lubricante.

Dicho sistema se subdivide en dos circuitos:

- El primer circuito, que es un circuito cerrado comprende todos aquellos equipos y elementos que llevan el aceite desde el tanque de aceite limpio a cada uno de los tanques lubricantes (ó de retorno) de cada motor principal (situado debajo de estos) y de estos a los motores y operación inversa.
- El segundo circuito, lleva el lubricante de los motores principales a su correspondiente separadora, con el objeto de limpiar el aceite y prolongar su uso. Es conveniente resaltar el uso de una purificadora para cada motor. A pesar de que los motores usan el mismo aceite no es conveniente que la purificadora sea común, ya que podría producir que el nivel del tanque de uno de ellos se fuera elevando mientras que el otro cayese, en caso de que el funcionamiento de las bombas de impulsión de los tanques de lubricante a las purificadoras no fuese exactamente igual para cada uno de los motores. Esto provocaría averías en el motor.

#### **Esquema de funcionamiento:**

Al final de este apartado se incluye un esquema de este circuito, que permite seguir y comprender el funcionamiento de dicho sistema de lubricación:

- En cubierta y a cada banda del buque se dispondrán conexiones (estación de llenado) para la toma de aceite lubricante, de forma que puedan llenar el tanque almacén de aceite limpio (L002) y los tanques almacén de aceite de los motores auxiliares.
- La bomba 2 que se contempla en el esquema de funcionamiento (bomba de trasiego de aceite lubricante limpio) aspirará y trasegará el aceite desde el tanque L002 hasta cada uno de los tanques lubricantes de los motores principales. Estos tanques han sido denominados como L03P, L03S. Cada uno de estos tanques (tanques de retorno de aceite) estará aislado de otros tanques que no sean aceite mediante coferdam para prevenir la polución por aceite lubricante.
- Cada bomba de aceite lubricante que va incorporada en el correspondiente motor principal aspirará del tanque de retorno del motor principal respectivo y descargará en el mismo, a través de un enfriador (posición 3 del esquema), filtro (posición 4) y filtro indicador de aceite (posición 5).



- Como se puede ver en el esquema, el aceite proveniente de la limpieza de filtro automático (posición 4) se dirigirá al tanque de retornos del motor respectivo, pasando previamente por otro filtro.
- Para controlar la temperatura del aceite lubricante se instalará, próximo al enfriador de aceite lubricante de cada sistema, un dispositivo de control automático.
- El sistema prelubricante de los motores principales consistirá para cada uno de ellos en una bomba eléctrica (posición 6) que a su vez actuará como reserva en caso de fallo de la bomba de lubricación conducida. Cada una de estas bombas es de 45 m<sup>3</sup>/h a 4 bares y estarán accionadas cada una de ellas por un motor eléctrico de 12 kW.
- Bajo los filtros automáticos (posición 4) y filtros de motores principales (posición 5) se instalarán bandejas. Los drenajes de las bandejas de los filtros automáticos se dirigirán a sentinas mientras que los drenajes de los filtros de posición 5 se dirigirán a los tanques de reboses y derrames.
- Cada tubería desaireadora del filtro de aceite lubricante (posición 4) de cada motor principal se dirigirá al tanque de reboses y drenajes de aceite lubricante mediante un tubo de desaireación, como puede observarse en el esquema.
- Cada tubería de drenaje del enfriador de aceite (posición 3) y filtro de motores principales se dirigirá al correspondiente tanque de aceite lubricante de motores principales mediante un purgador.
- Los drenajes de los tanques almacén de aceite limpio se dirigirá al tanque de rebose y drenaje de aceite lubricante.

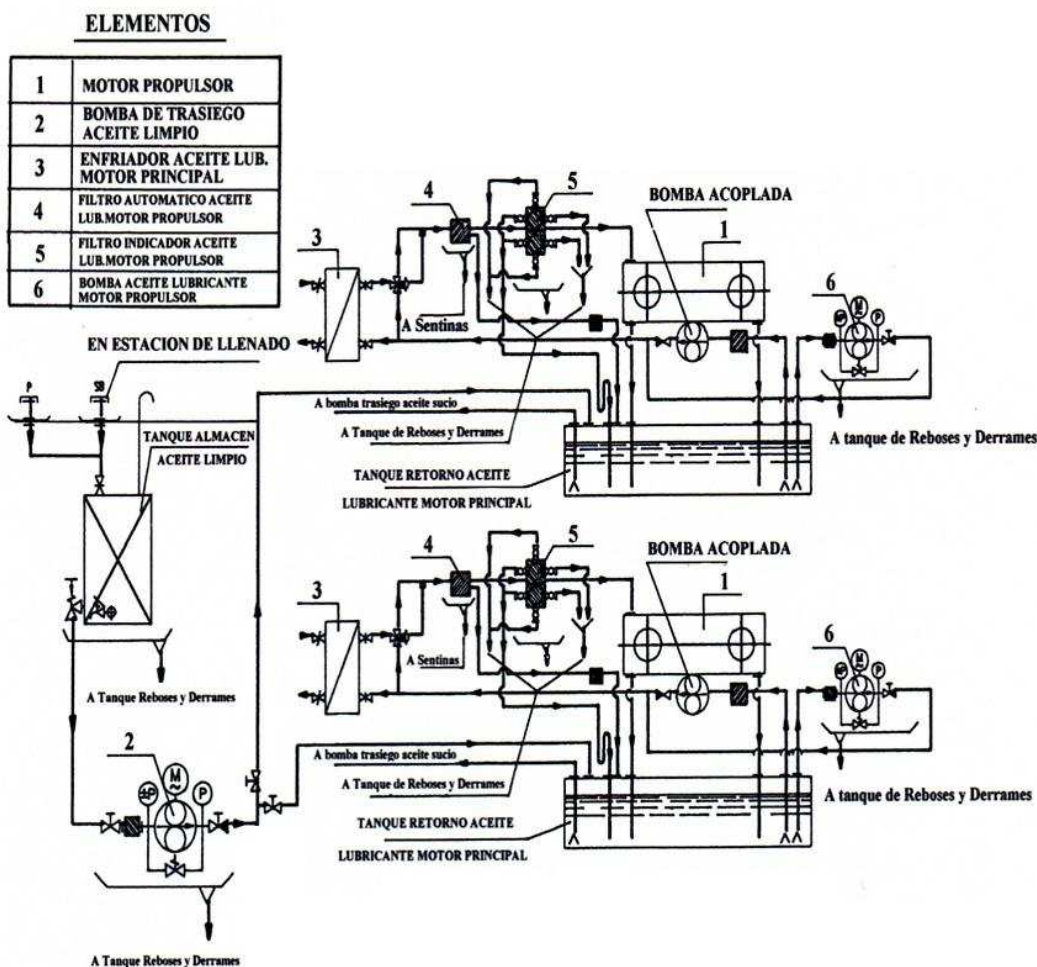


Figura 6-6.-Sistema lubricación Motores Propulsores

### Purificación de aceite lubricante

Como se ha mencionado anteriormente, el equipo purificador de aceite lubricante de los motores principales consistirá en dos purificadoras de aceite lubricante, una para cada motor principal, que se instalará con los oportunos precalentadores.

Una purificadora de aceite lubricante aspirará de los dos tanques de retorno de aceite lubricante y del tanque de aceite sucio, y descargará en el tanque de servicio diario de aceite lubricante de cilindros del correspondiente motor y en el tanque almacén de aceite lubricante, y en dos tanques de retorno.

Las depuradoras del aceite lubricante aspirarán del tanque almacén de aceite sucio, L001, y descargarán en el tanque almacén de aceite limpio, L002, y en el tanque almacén de aceite sucio, L001, mediante una conducción común (una para la aspiración y otra para la descarga).



Las válvulas de seguridad y tuberías desaireadoras, así como las tuberías de drenaje de dichos calentadores, se dirigirán a los tanques de lodos de las depuradoras de aceite lubricante de motor principal mediante un tubo de aireación.

La tubería de descarga de lodos también se dirigirá al tanque de lodos.

### 6.2.1.3 Sistema de lubricación de camisas

El sistema de lubricación de los cilindros es interno y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de los motores.

El esquema de funcionamiento ya ha sido descrito en el apartado anterior al describir el sistema de purificación de aceite lubricante, es decir, la bomba de cada purificadora aspira de dos tanques de retorno de aceite lubricante de motores principales, envía el aceite al calentador y de ahí a la clarificadora. La descarga de la clarificadora va a través de un filtro fino al tanque alto de aceite de camisas del correspondiente motor. El rebose del tanque de camisas retorna al tanque de retornos por una tubería provista de mirilla.

El suministro de aceite a los lubricadores de camisas se realiza por gravedad. En el caso de que por cualquier motivo bajara el nivel del tanque, la válvula de flotador abrirá permitiendo la entrada de aceite por una desviación del circuito principal situada a la entrada del motor.

Se adjunta a continuación un esquema de dicho sistema de lubricación de camisas.

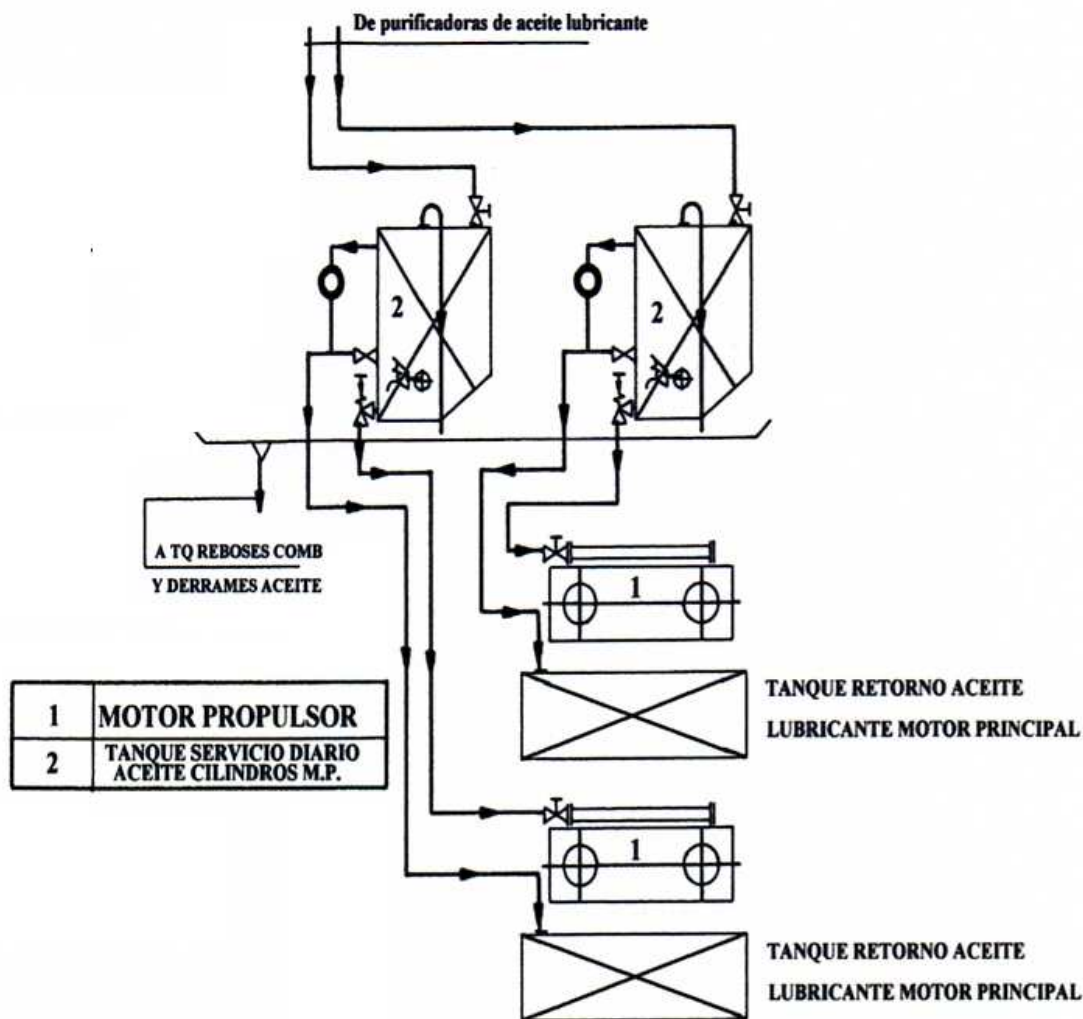


Figura 6-7.-Lubricación cilindros Motores Propulsores

#### 6.2.1.4 Descripción de los equipos que componen el sistema de aceite lubricante de los Motores Principales.

- Una bomba eléctrica rotativa para servicio de trasiego de aceite limpio cuyas características son:

Bomba de trasiego de aceite lubricante limpio				
Unidades instaladas / en servicio				1/1
Caudal (m³/h)				10,00
Presión de funcionamiento (bares)				3
η <sub>bomba</sub>				0,6
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor eléctrico (kW)				2,00



- Una bomba eléctrica rotativa para servicio de trasiego de aceite sucio cuyas características son:

Bomba de trasiego de aceite lubricante sucio				
Unidades instaladas / en servicio				1/1
Caudal (m³/h)				10,00
Presión de funcionamiento (bares)				3
η <sub>bomba</sub>				0,6
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor eléctrico (kW)				2,00

- Dos bombas de aceite lubricante del motor principal con una capacidad de 45 m³/h a 4 bares y estarán accionadas cada una de ellas por un motor eléctrico de 12 kW.
- Dos purificadoras de aceite lubricante, centrífugas, tipo autolimpiantes, accionadas por motor eléctrico. Cada purificadora estará provista con control automático de descarga de lodos a intervalos preestablecidos, y teniendo cada una, una medida de caudal puro de 1900 l/h (1891 l/h mínimo) cuando trabajen en sistema by-pass con aceite tipo mineral puro, que se suministrará para el sistema de depuración de aceite lubricante de motores principales. El diseño será tal que no se mezcle agua durante el centrifugado. Las separadoras estarán equipadas con su propia bomba incorporada para aspiración y descarga de aceites, y dispositivo de elevación de bolo, filtro, mirillas, termómetros, manómetros y caudalímetros.

En el proceso de dimensionamiento, las separadoras han sido dimensionadas para un centrifugado continuo, considerando las indicaciones del fabricante del motor. Los principales datos de diseño son:

Depuradoras de aceite de lubricación		
Unidades instaladas / en servicio		2./ 2.
Viscosidad del aceite lubricante		SAE 40.
Temperatura de centrifugado (°C)		90-95
Tiempo de separación diario (h)		23
Nº de recirculaciones en el tiempo de separación diario		5
Factor (1,2..1,5)		1,5
Capacidad nominal de cada separadora (l/h)		1891

La capacidad nominal de la separadora ha sido calculada mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{(1,2..1,5) \cdot P \cdot m}{t}$$

siendo:

- V : capacidad nominal en l/h.  
P : potencia nominal del motor en kW.  
m : grado (número) de recirculaciones.



t : tiempo de separación diario en horas.

- Se dispondrán de dos calentadores de vapor de tipo placas para calefacción del aceite lubricante, que se depurará para los motores principales.
- Dos enfriadores de aceite lubricante para motores principales, que serán de tipo de placas de acero inoxidable y con una superficie de enfriamiento apropiada para disipar 550 kW aproximadamente cada uno (uno por motor principal).
- Dos filtros automáticos tipo giratorio capaces de filtrar continuamente en aceite lubricante de los motores principales. Cada filtro estará diseñado con suficiente capacidad para el flujo normal de aceite lubricante de cada motor en la caída de presión admisible, y el motor trabajará a la potencia máxima continua (MCR). La superficie de filtraje de cada filtro será conforme con los requisitos del fabricante de los motores principales. Cada filtro tendrá cuerpo de hierro fundido y elementos de filtraje de acero inoxidable y estarán provistos con conexiones equipadas con grifos de purga, de des-aireación y lodos así como manómetros diferenciales con lectura local y alarma diferencial de alta presión.
- Dos filtros duplex magnéticos con coladores de cesta para filtraje continuo del aceite lubricante de motores principales. Cada filtro se limpiará manualmente y estará diseñado de forma que cuando uno de los elementos esté inoperativo, el otro sea capaz de atender el flujo normal de aceite lubricante de cada motor a la caída de presión admisible y el motor trabajando a la potencia máxima continua. La superficie de filtraje de cada filtro será conforme con los requisitos del fabricante de los motores principales. Cada filtro tendrá cuerpo de hierro fundido y elementos de filtraje de acero inoxidable y estarán provistos con conexiones equipadas con grifos de purga, de des-aireación y lodos así como manómetros diferenciales con lectura local y alarma diferencial de alta presión.
- Dos tanques estructurales en el doble fondo (uno bajo cada motor principal), para el sistema de retorno de aceite lubricante de motores principales (tanques L03P y L03S).
- Un tanque almacén estructural de aceite lubricante limpio para los motores principales de 7,5 m<sup>3</sup> aproximadamente (tanque L002).
- Un tanque almacén estructural de aceite lubricante sucio para los motores principales con capacidad para 7,5 m<sup>3</sup> aproximadamente (tanque L001).
- Un tanque para fangos y lodos provenientes de las depuradoras de aceite lubricante (este tanque es el dimensionado anteriormente y nombrado como V004).
- Dos tanques no estructurales de servicio diario de aceite de cilindros de los motores principales.





## 6.2.2 Sistema de lubricación de Equipos

### 6.2.2.1 Introducción

Se definen en este apartado los sistemas de lubricación asociados a equipos que no son los motores principales y que lleven sistemas de lubricación tales como bocina y reductoras.

### 6.2.2.2 Sistema de lubricación de bocinas y prensas.

#### Descripción del sistema:

El sistema de aceite lubricante de las bocinas será independiente.

En cubierta (estación de llenado) se dispondrá una toma independiente de aceite lubricante dirigida a llenar el tanque almacén de aceite limpio de las bocinas. El drenaje de este tanque se dirigirá al tanque de rebose de combustible.

Del tanque almacén de aceite lubricante de bocinas aspira la bomba de trasiego y descarga a los dos tanques de gravedad de aceite lubricante de bocinas. La lubricación se establece por gravedad desde estos tanques. El sistema de lubricación de aceite de cierre de prensa se establece por gravedad existiendo un tanque para cada unidad correspondiente.

Al final de este apartado, se adjunta un esquema de este sistema de lubricación de bocinas y prensas:

#### Equipos principales.

- Una bomba eléctrica rotativa para el servicio de trasiego de aceite lubricante de la bocina. A continuación se especifican las características de la misma:

Bomba de trasiego de aceite lubricante de bocinas				
Unidades instaladas / en servicio				1/1
Caudal (m <sup>3</sup> /h)				1,50
Presión de funcionamiento (bares)				4
η <sub>bomba</sub>				0,6
η <sub>eléctrico</sub>				0,70
Motor eléctrico (kW)				0,40

- Dos tanques de compensación de aceite lubricante de la bocina, con una capacidad de 100 litros aproximadamente.
- Un tanque de aceite lubricante para cada cierre de proa de la bocina con una capacidad de 250 litros aproximadamente.

- Un tanque almacén de aceite lubricante para la bocina con una capacidad de 1000 litros aproximadamente.

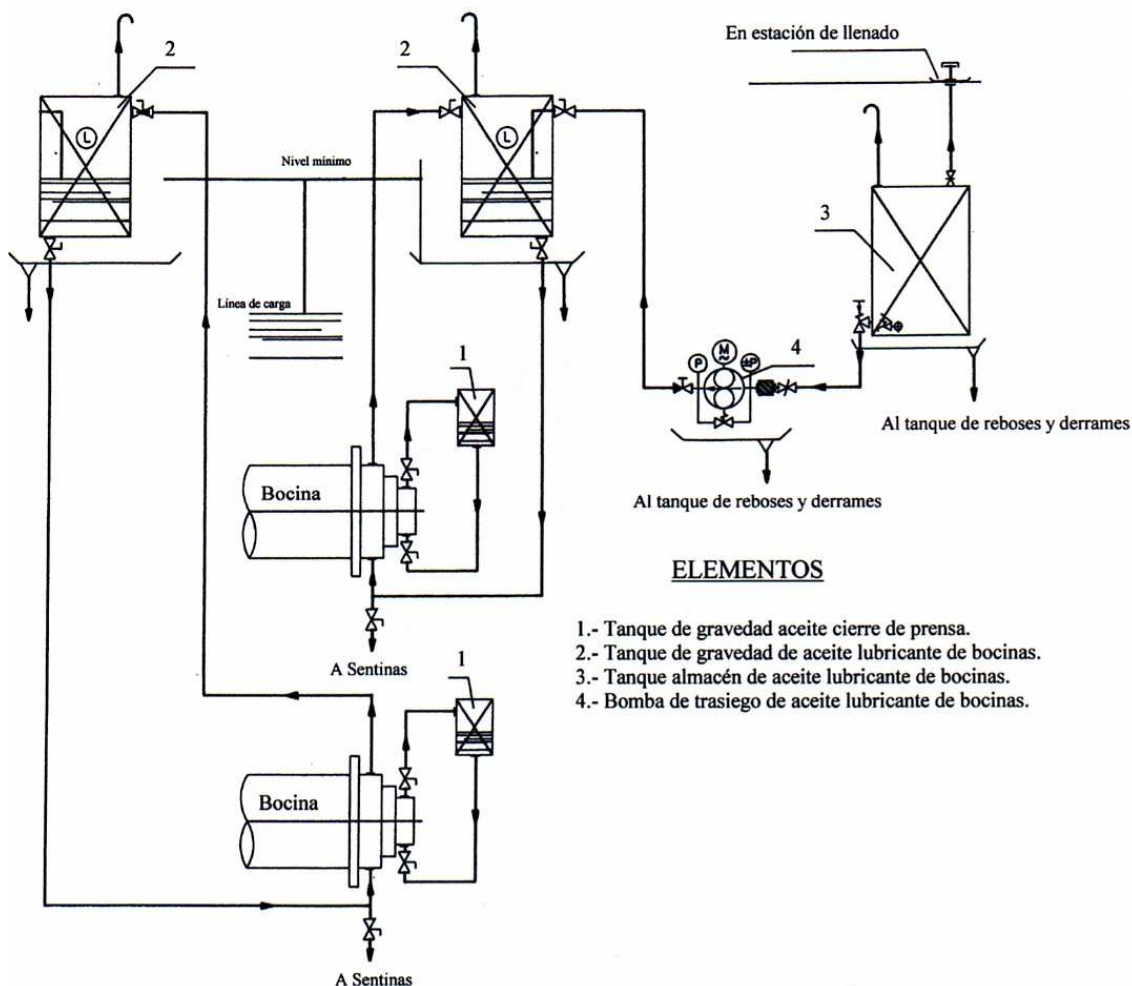


Figura 6-8.- Sistema de lubricación de las bocinas.

### 6.2.2.3 Sistema de lubricación de reductoras

#### Descripción del sistema.

El sistema de aceite lubricante de las reductoras serán independiente para cada reductora y consistirá en bomba, filtro y enfriador según requisitos del fabricante de los engranajes reductores (Reintjes).

En cubierta (estación de llenado) se dispondrá una toma independiente de aceite lubricante dirigida a llenar el tanque almacén de aceite limpio de las reductoras. El drenaje de este tanque se dirigirá al tanque de combustible.

La bomba de trasiego de aceite lubricante de las reductoras aspira del tanque almacén de aceite lubricante de las reductoras y del cárter y descargará en cada cárter y a cubierta (estación de llenado). El sistema de lubricación de cada una de las reductoras consta de dos bombas, una de ellas de reserva y conectada en paralelo a la bomba de servicio instalada en la caja de engranajes, que aspiran de su reductora correspondiente estableciendo una circulación de aceite a través de un enfriador de aceite.

El sistema además dispondrá de una toma independiente de aceite lubricante en cubierta (estación de llenado) de forma que se pueda llenar el tanque almacén de aceite lubricante de las reductoras.

Al final de este apartado, se adjunta un esquema de este sistema.

#### Equipos principales.

- Una bomba eléctrica rotativa para servicio de trasiego de aceite de las reductoras. Las características de esta bomba son:

Bomba de trasiego de aceite lubricante para reductoras				
Unidades instaladas / en servicio				1/1
Caudal (m³/h)				2,00
Presión de funcionamiento (bares)				4
ηbomba				0,6
ηeléctrico				0,70
Motor eléctrico (kW)				0,53

- Cuatro bombas eléctricas rotativas para servicio de aceite lubricante de las reductoras (dos bomba por reductora estando una de reserva). Las características de estas bombas son:

Bombas aceite lubricante de las reductoras				
Unidades instaladas / en servicio				4/2
Caudal (m³/h)				40
Presión de funcionamiento (bares)				4
ηbomba				0,6
ηeléctrico				0,70
Motor eléctrico (kW)				11

- Dos enfriadores de aceite lubricante para engranajes, que serán de tipo tubular y tendrán una superficie de enfriamiento apropiada para disipar aproximadamente 130 kW aproximadamente cada uno, conforme a los requisitos del fabricante de engranaje reductor.
- Un tanque almacén de aceite lubricante para engranajes con una capacidad aproximada de 2000 litros.

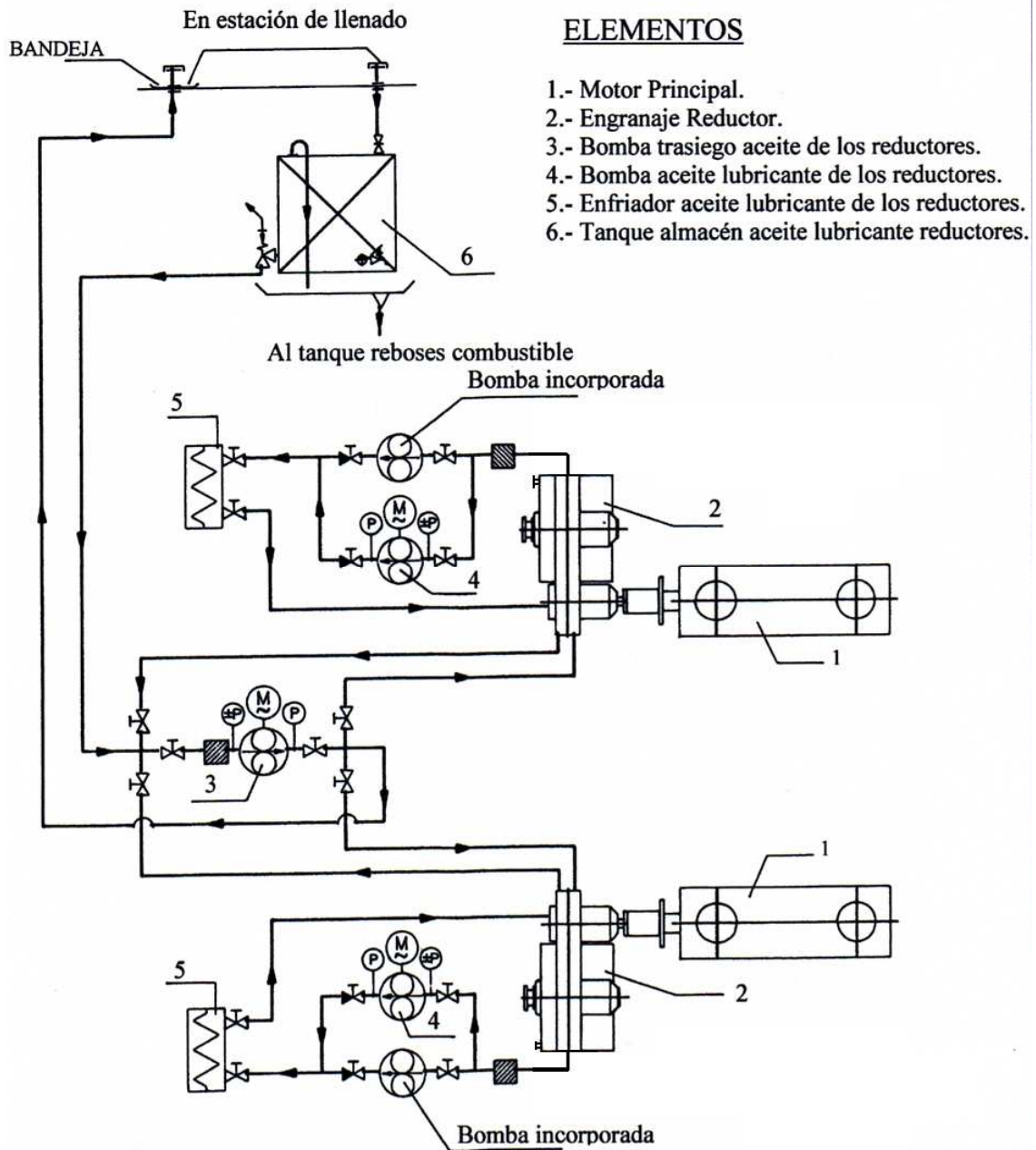


Figura 6-9.-Esquema de sistema de lubricación de reductoras.



#### 6.2.2.4 Sistema de lubricación de los Motores Auxiliares.

##### Datos del sistema:

Las características técnicas del sistema de lubricación pueden verse el guía de proyecto de los motores MAN 8L 16/24. En el punto 8.5 del cuadernillo 8 se resumen los datos más interesantes.

##### Descripción del sistema y equipos principales que constituyen el mismo.

El sistema de aceite lubricante de cada motor será independiente y dispuesto de acuerdo con los requisitos del fabricante de motores, y consistirá en bomba de prelubricación de aceite, bomba de aceite lubricante, enfriador de aceite, válvula termostática y filtro fino de aceite, como se puede comprobar en el esquema de dicho sistema y que adjuntamos a continuación.

En cubierta se dispone de una estación de llenado para llenar el tanque almacén de aceite limpio de los motores auxiliares (posición 14 del esquema). Dicho tanque, no estructural, tiene una capacidad de 2000 litros aproximadamente. Los drenajes de este tanque se dirigirán al tanque de rebose y drenaje. El tanque almacén de aceite limpio de los motores auxiliares está conectado al cárter de los motores para llenado de los mismos por gravedad.

La bomba de aceite lubricante que va incorporada en el motor auxiliar aspirará del cárter del motor y descargará en el mismo a través de un filtro automático (posición 13), enfriador (posición 4), válvula termostática (posición 5) y filtro fino doble (posición 6).

El aceite proveniente de la limpieza del filtro automático 13 se dirigirá al tanque de rebose y derrame.

La bomba de pre-lubricación de aceite del motor auxiliar tiene como misión la lubricación continua cuando el motor está parado así como bomba de reserva en caso de fallo de la bomba de lubricación que lleva incorporada cada motor. Cada una de estas bombas (una por cada motor) tiene las siguientes características:

Bombas de prelubricación de aceite				
Unidades instaladas / en servicio				33
Caudal (m³/h)				3,00
Presión de funcionamiento (bares)				1
$\eta_{bomba}$				0,6
$\eta_{eléctrico}$				0,70
Motor eléctrico (kW)				0,20

Cada motor dispone de una tubería de conexión a la depuradora de aceite desde el cárter. La bomba de la purificadora aspira aceite del cárter de cada motor, pasando previamente el aceite antes de la bomba, por un filtro. Después de su paso por la



purificadora, el aceite puede fluir de retorno a cada cárter de los motores o dirigirse al tanque de aceite recuperado (posición 15).

Las impurezas filtradas por la purificadora se dirigirán mediante una tubería de descarga al tanque de lodos.

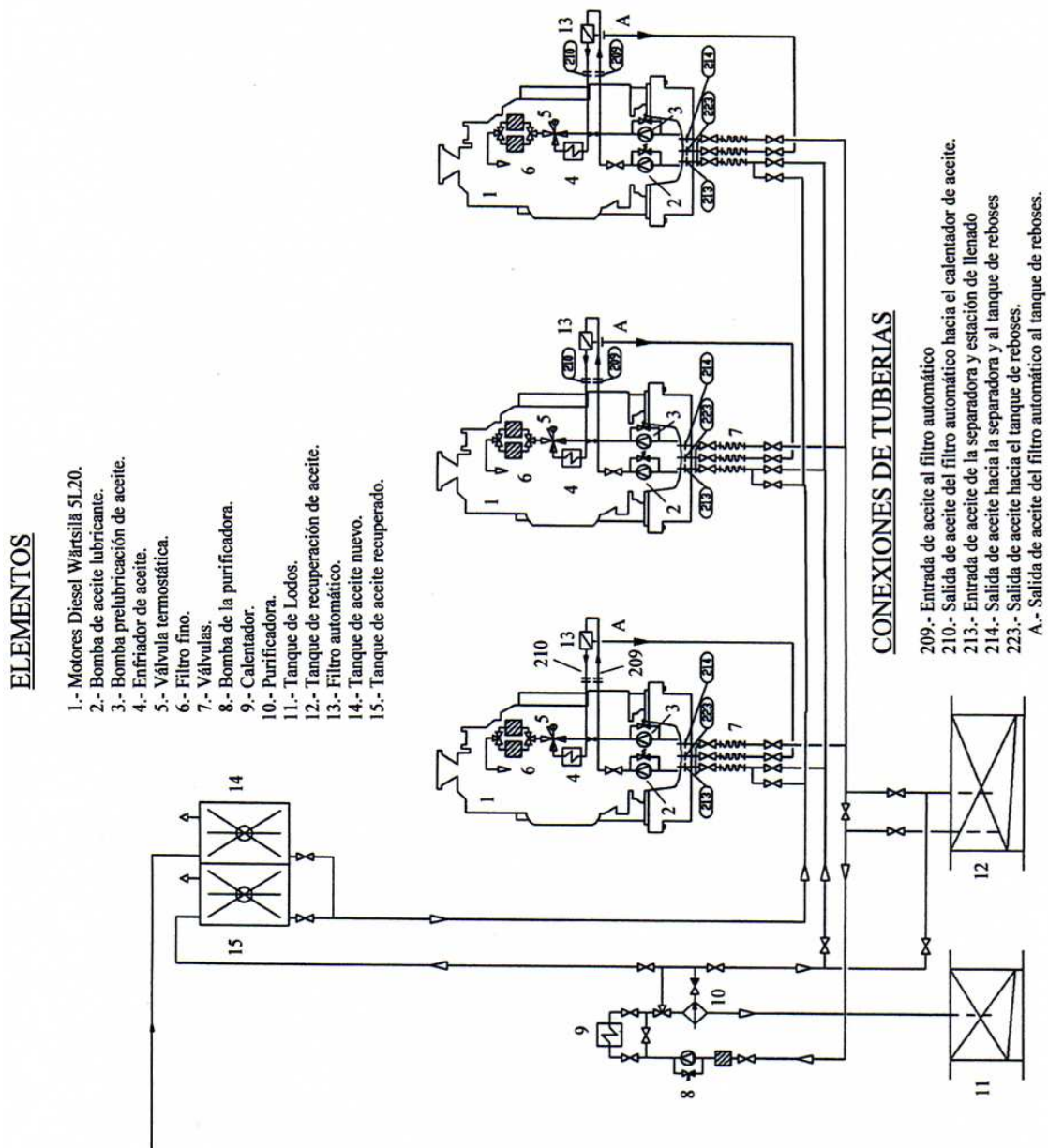


Figura 6-10.-Esquema de Sistema de lubricación de los Motores Auxiliares.



## 6.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CENTRALIZADO.

Se dispondrá un sistema de refrigeración centralizado constituido por tres circuitos:

- Circuito abierto de agua salada;
- circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura,y;
- circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura.

Este sistema se caracteriza por tener solamente un intercambiador de calor refrigerado por agua de mar, mientras que el resto de los intercambiadores, incluido el correspondiente al circuito cerrado de alta temperatura, están refrigerados por el circuito de agua dulce de baja temperatura.

Realizamos a continuación una exposición detallada de las razones que han motivado a disponer en el buque proyecto un sistema de refrigeración centralizado de agua dulce.

El único líquido refrigerante para ser utilizado a bordo cuya disponibilidad es inmediata, ilimitada y gratuita es el agua de mar. Nada tiene de extraño que haya sido, y en parte siga siendo, el refrigerante primario en todos aquellos puntos del buque en los que se realiza algún intercambio de calor. Su uso indiscriminado plantea sin embargo numerosos problemas bien conocidos, ya que el agua de mar es por una parte altamente corrosiva y por otro es el hábitat natural de plantas y animales marinos que pueden crecer y desarrollarse en los conductos por los que circule, con peligro de obstrucciones y en cualquier caso con un inevitable aumento del coste energético de bombeo. A estos problemas se añade, desde hace relativamente pocos años, la polución química en aguas costeras o confinadas, que en ciertos mares hace aún mayor su corrosividad natural.

Como consecuencia de lo anterior la utilización de agua de mar como refrigerante requiere por una parte materiales suficientemente resistentes a su acción y por otra superficies de intercambio de calor generosamente sobredimensionadas para compensar su inevitable ensuciamiento y consiguiente reducción del coeficiente global de transmisión. El primer paso en la solución de estos problemas consistió en su día en la utilización de **agua dulce en la refrigeración de los puntos vitales de la maquinaria propulsora y auxiliar (agua de camisas, agua de pistones y aceite de lubricación)**, utilizándose entonces el agua de mar como refrigerante secundario para enfriar a su vez el agua dulce anterior. El **circuito** correspondiente es el llamado **de alta temperatura**.

Quedaban todavía, sin embargo, numerosos puntos de menor importancia en los que el agua salada era refrigerante primario, con lo que los problemas de corrosión seguían existiendo, aunque ciertamente disminuidos en importancia, no en extensión, al quedar ya la maquinaria principal sin contacto directo con el agua de mar.



Como extensión natural del sistema anterior se creó con el tiempo un segundo **circuito de refrigeración con agua dulce** llamado **de baja temperatura** al que fueron añadiéndose componentes que se iban segregando del circuito de agua de mar, con lo que cada vez eran menos los que quedaban en éstos últimos. El desarrollo del sistema ha llegado hasta el punto de que **prácticamente todos los servicios de un buque están integrados en el circuito de agua dulce**.

Con el circuito centralizado se resuelve simultáneamente el enfriamiento del sistema de Motores Principales y Auxiliares y los problemas del circuito de agua de mar. Además el control de temperatura puede hacerse de una forma muy fiable y precisa a base de regular termostáticamente la cantidad de agua de baja temperatura necesaria para la mezcla en cada momento, con lo que el sistema resultante es notablemente más barato, más fácilmente controlable, más racional y fácil de manejar y, desde luego, ajeno ya por completo a los problemas habituales de los circuitos de agua salada hasta hace tiempo admitidos como mal necesario. La viabilidad y conveniencia técnica del sistema de enfriamiento centralizado puede darse por demostrada por la mejor de las razones: en casi todos los casos en que un armador ha decidido instalarlo en algún buque, lo ha especificado sistemáticamente en todos los buques posteriores iguales o similares.

En resumen, este sistema tiene las siguientes ventajas frente a un sistema convencional de refrigeración directa con agua salada:

- Abaratamiento de las conducciones y equipo necesario, ya que al tratarse el fluido de agua dulce, la protección de las tuberías y equipos usados frente a la corrosión es mucho menor.
- Mantenimiento mejor.
- Mejor aprovechamiento de la fuente fría.
- Mayor control de la regulación de agua necesaria.

Por contrapartida, presenta los siguientes inconvenientes:

- Necesidad de un salto térmico adicional, es decir, temperaturas superiores de refrigeración.
- Necesidad de usar intercambiadores adicionales con el consiguiente aumento del empacho.
- Encarecimiento del sistema ya que usa más equipamiento.
- Este sistema se caracteriza por tener solamente un intercambiador de calor (intercambiador central) enfriado por el agua de mar, mientras que el resto de los intercambiadores están refrigerados por los circuitos de agua dulce.

### 6.3.1 Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura

El circuito centralizado de alta temperatura tiene la función de refrigerar las camisas de los cilindros, los pistones, el aceite de lubricación y las turbosoplantes de los Motores Principales.





Para ello utiliza agua dulce, la cual es impulsada por dos bombas de circulación (una bomba accionada por cada motor) cuyo caudal y presión viene fijada por el fabricante. La refrigeración de este circuito se hace, como ya se indico, a través de un intercambiador de calor conectado al circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura.

El sistema será de tipo de circulación cerrada bajo presión hidrostática suministrada por un tanque de gravedad. Para evitar que en la aspiración de la bomba del circuito cerrado puedan producirse condiciones de vacío, se conecta a un punto próximo a la aspiración un tanque alto (tanque de compensación) que con su carga estática garantiza que en ningún momento la presión sea inferior a la atmosférica lo que podría traer consigo la evaporación del agua y la inmediata pérdida de refrigeración del motor.

Las salidas de agua dulce de los cilindros de cada motor estarán conectadas a una conducción común que se dirigirá hacia el enfriador mencionado.

Se dispondrá un dispositivo a fin de controlar automáticamente la temperatura del agua dulce en la salida de los cilindros de Motores Principales.

El generador de agua dulce estará conectado a este circuito, en concreto, estará conectado a la salida del agua de los cilindros y antes del enfriador. Se dispondrán los medios apropiados de control de acuerdo con los fabricantes de los Motores Principales y del generador de agua dulce. Merece especial atención la inserción del generador en el circuito. Como puede apreciarse esta se hace sin la colocación de válvulas. Para regular el flujo se introduce una pérdida de carga en la línea principal colocando en ella un diafragma entre las conexiones de entrada y salida. La razón es que una falsa maniobra en el cierre de estas válvulas puede provocar un salto brusco de las temperaturas del circuito, que el sistema de regulación no puede controlar instantáneamente, y del que resultarían daños de consideración en el motor.

Para evitar el embolsamiento de aire, vapores o gases en los puntos altos del circuito se dispondrán aireaciones, como puede comprobarse en el esquema, que a través de desaireadores comunican con el tanque de compensación.

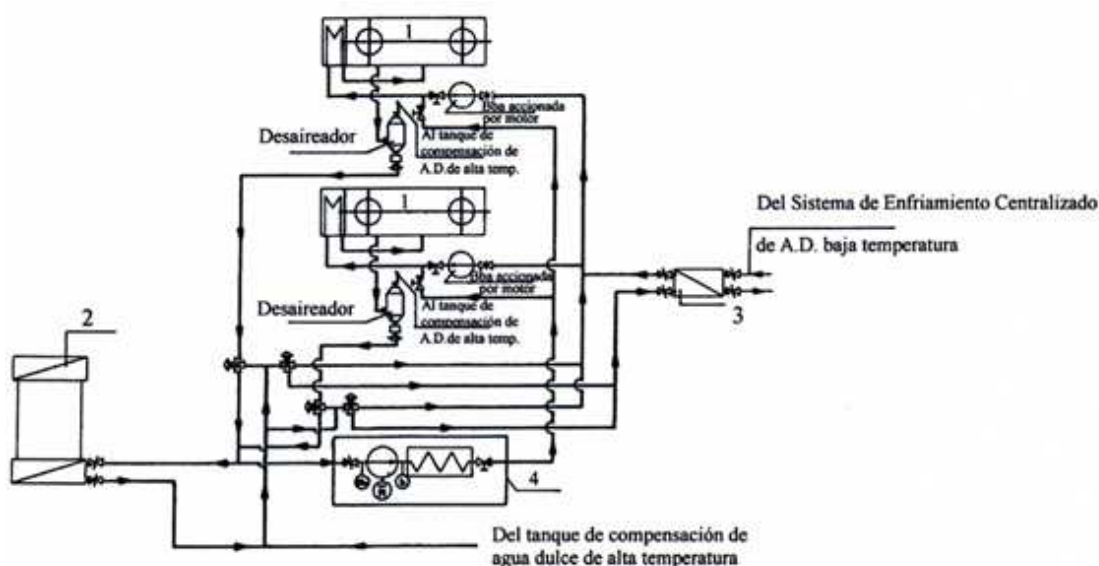
En previsión de que el motor deba admitir fuertes subidas de carga inmediatamente después del arranque, se ha instalado en by-pass en la entrada del motor un calentador de vapor que asegure que los elementos del motor están a temperatura de funcionamiento en el momento de arranque. Dado que el caudal necesario durante el calentamiento es netamente inferior al de refrigeración se instala para este propósito una pequeña bomba.

En el esquema de este circuito, el calentador de vapor más la bomba a la que antes hacíamos referencia, están contemplados como la Unidad de Precalentamiento de Agua Dulce de Alta Temperatura de los MMPP.

Descripción de los equipos que componen este circuito:

- Dos bombas eléctricas no autocebadas, centrífugas, cada una con suficiente capacidad para los dos motores principales (para el sistema centralizado de precalentamiento de alta temperatura).
- Dos enfriadores de agua dulce para los sistemas centralizados de alta temperatura de los Motores Principales. Serán del tipo de placas de acero inoxidable y cada uno de ellos tendrá una superficie de enfriamiento apropiada para disipar 4000 kW aproximadamente. Estos enfriadores estarán a su vez refrigerados por agua dulce proveniente de las bombas de agua dulce del sistema centralizado de baja temperatura.
- Dos precalentadores de vapor para el agua dulce de los sistemas centralizados de los Motores Principales, teniendo cada uno una superficie de calentamiento apropiada para precalentar ambos motores funcionando simultáneamente (75 kW aproximadamente).
- Dos tanques de expansión para los sistemas centralizados de agua dulce de enfriamiento de alta temperatura de Motores Principales, teniendo una capacidad de unos 418 litros y equipados con toma para sustancias químicas (inhibidores de corrosión).

A continuación se adjunta un esquema del circuito:



#### ELEMENTOS

- 1.- Motores Propulsores.
- 2.- Generador de Agua Dulce.
- 3.- Enfriador Centralizado de Alta Temperatura MM.PP.
- 4.- Unidad Precalentamiento de A.D. de Alta Temperatura de los MM.PP.

Figura 6-11.-Sistema de enfriamiento centralizado de agua dulce de alta temperatura.

### 6.3.2 Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura

Como ya se indicó, al circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura están conectados los enfriadores de calor de todos los equipos, incluido el enfriador de calor que refrigera el circuito de alta temperatura.

A su vez, el circuito de baja temperatura está refrigerado con agua salada, utilizando para ello un enfriador.

A continuación se enumeran todos los equipos o sistemas que se encuentra conectados mediante intercambiadores de calor a este circuito, con el fin de refrigerarse:

- Enfriadores de agua dulce de A.T. de los motores principales.
- Unidad de aire acondicionado de la Cabina de Control (Posición 1).
- Chumacera de apoyo (Posición 3).
- Chumacera de empuje (Posición 4).
- Tanque de observación de purgas (Posición 5).
- Condensador de Control (Posición 8).
- Enfriadores de los equipos generadores auxiliares (Posición 9).
- Enfriadores de aceite de cada motor (Posición 12 del esquema).
- Enfriadores de aceite lubricante de engranajes reductores (Posición 13).
- Compresores principales de aire de arranque de los Motores Principales (Posición 14).
- Compresor de Aire de Control (Posición 15).
- Unidad de paso de hélice (Posición 16).

Estos intercambiadores de calor descargarán en una conducción común que se dirigirá a los enfriadores centrales del sistema.

Se dispondrá un dispositivo a fin de mantener automáticamente la temperatura de agua dulce en la salida del enfriador central en 36° C aproximadamente.

Descripción de los equipos que componen el sistema.

- Dos bombas de circulación (posición 6) eléctricas no autocebadas verticales, centrifugas. Las características de estas bombas son:

Bombas sistema centralizado de BT de MM.PP				
Unidades instaladas / en servicio				2/1
Caudal (m³/h)				357
Presión de funcionamiento (bares)				3
$\eta_{mecánico}$				0,75
$\eta_{eléctrico}$				0,95
Motor eléctrico (kW)				42



1. Unidad de aire acondicionado de la Cabina de Control.
2. Motores Principales.
3. Chumacera de apoyo.
4. Chumacera de empuje.
5. Tanque de observación de purgas.
6. Bomba de circulación de agua dulce de baja temperatura de los Motores Principales.
7. Enfriadores de agua dulce de refrigeración de toberas de los Motores Principales.
8. Condensador de Control.
9. Grupo electrógeno.
10. Enfriador central de agua dulce de alta temperatura de los Motores Principales.
11. Enfriador central de agua dulce de baja temperatura.
12. Enfriador de aceite lubricante de los Motores Principales.
13. Enfriador de aceite lubricante de los engranajes reductores.
14. Compresores principales de aire de arranque de los Motores Principales.
15. Compresor de aire de control.
16. Unidad de potencia de la línea de ejes.
17. Generador de cola.
18. Compresor de aire de control.

### 6.3.3 Circuito de Alta y Baja Temperatura. Datos y esquemas del fabricante del motor.

#### 6.3.3.1 Datos y esquema Motores Principales:

Sistema de agua de refrigeración de Alta Temperatura, AT. Wärtsilä8L38			
Presión antes del Motor, nom. (PT401)		kPa	380+estática
Presión antes del Motor, alar. (PT401)		kPa	250+estática
Presión antes del Motor, max. (PT401)		kPa	460+estática
Temperatura entrada Motor, aprox. (TE401)		°C	73
Temperatura salida Motor, nom. (TE402)		°C	93
Temperatura salida Motor, alar. (TE402)		°C	103
Temperatura salida Motor, parada. (TE402)		°C	110
Capacidad de la bomba, nom.		m³/h	66
Caida de presión en el Motor		kPa	180
Volumen de agua en el Motor		m³	0,3
Presión del deposito de expansión		kPa	70..150
Caida de presión en el circuito externo, max.		kPa	160
Presión de la bomba en Stand-by		kPa	380

Se adjunta a continuación un esquema detallado del sistema interno de refrigeración de agua dulce de alta temperatura.



## COMPONENTES

- 01.- Motor Wärtsilä 9L38B.
- 02.- Bomba de A.T.
- 03.- Refrigerador del aire de carga.
- 04.- Válvula termostática de A.T.
- 05.- Generador de agua dulce.
- 06.- Válvula termostática.
- 07.- Enfriador de A.T.
- 08.- Bomba del precalentador.
- 09.- Precalentador.
- 10.- Desaireador.
- 11.- Tanque de expansión de A.T.
- 12.- PT-100.
- 13.- Cable eléctrico.

## CONEXIONES DE TUBERIAS

- 401.- Entrada agua A.T.
- 402.- Salida agua A.T.
- 404.- Vent.de agua de A.T.
- 405.- Conducción de agua al precalentador.
- 406.- Conducción de agua del precalentador.

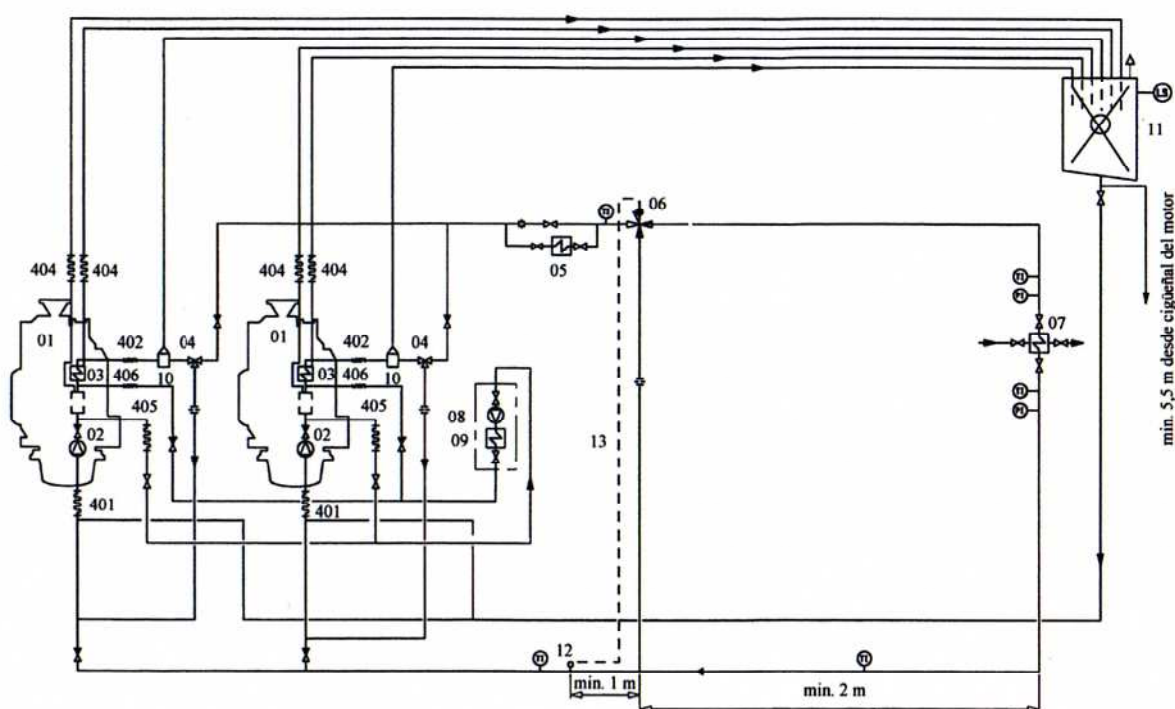


Figura 6-13.-Sistema centralizado de agua dulce de alta temperatura de los Motores Principales.



### 6.3.3.2 Datos y esquema Motores Auxiliares.

Los sistemas internos de enfriamiento centralizado de los Motores Auxiliares, se han dispuesto siguiendo las instrucciones del fabricante de los motores, y considerando por tanto los siguientes datos:

Sistema de agua de refrigeración de Alta Temperatura, AT. Wärtsilä8L38			
Presión antes del Motor, nom. (PT401)		kPa	380+estática
Presión antes del Motor, alar. (PT401)		kPa	250+estática
Presión antes del Motor, max. (PT401)		kPa	460+estática
Temperatura entrada Motor, aprox. (TE401)		°C	73
Temperatura salida Motor, nom. (TE402)		°C	93
Temperatura salida Motor, alar. (TE402)		°C	103
Temperatura salida Motor, parada. (TE402)		°C	110
Capacidad de la bomba, nom.		m³/h	66
Caida de presión en el Motor		kPa	180
Volumen de agua en el Motor		m³	0,3
Presión del deposito de expansión		kPa	70..150
Caida de presión en el circuito externo, max.		kPa	160
Presión de la bomba en Stand-by		kPa	380

Se adjunta a continuación un esquema detallado de los sistemas de refrigeración de alta y baja temperatura de los Motores Auxiliares.



### **Componentes.**

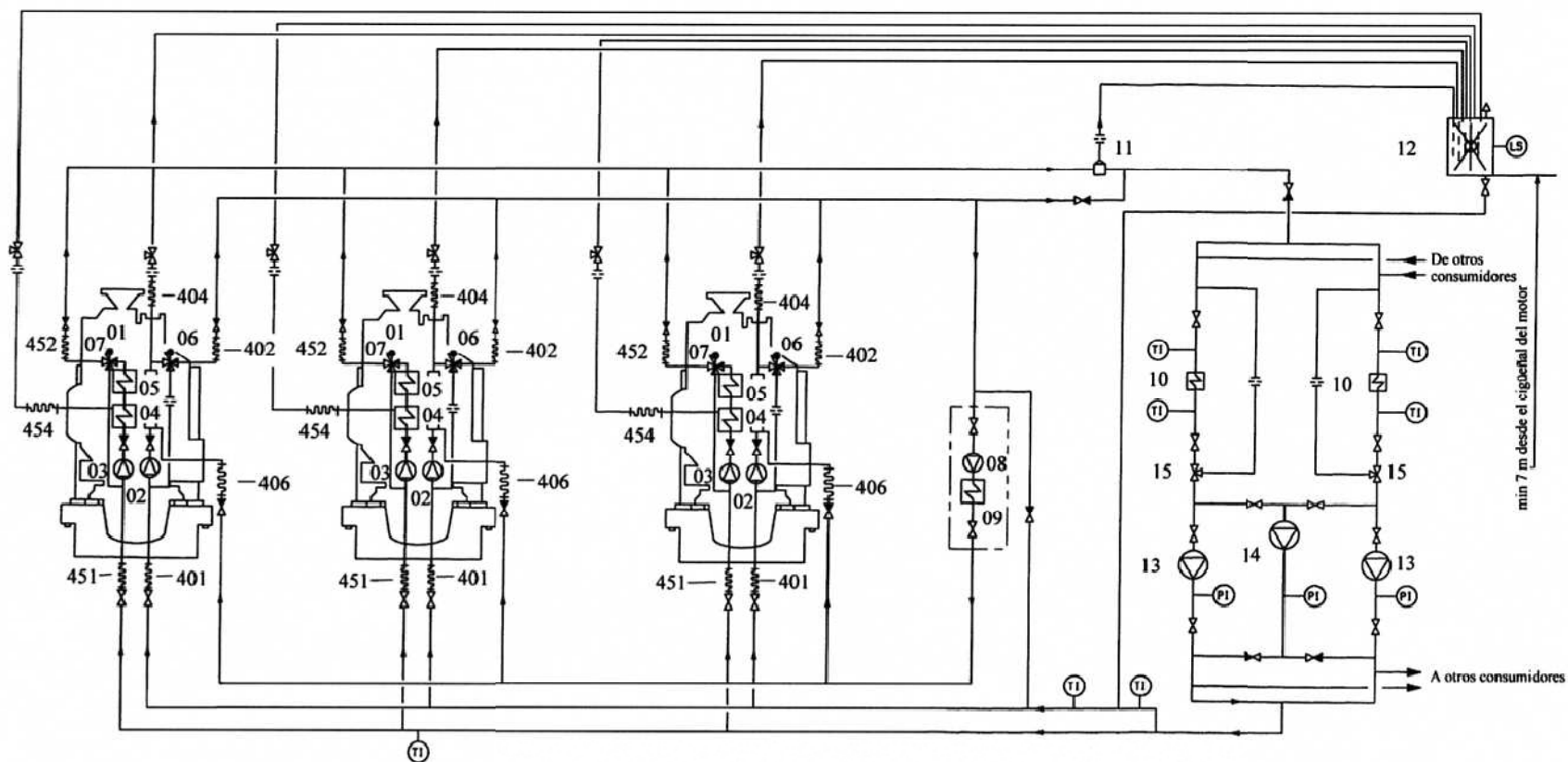
1. Motor auxiliar Wärtsilä 8L 16/24.
2. Bomba de Alta Temperatura.
3. Bomba de Baja Temperatura.
4. Enfriador de aire de carga.
5. Enfriador de aceite.
6. Válvula termostática de circuito de A.T.
7. Válvula termostática de circuito de B.T.
8. Bomba de precalentador.
9. Precalentador.
10. Enfriador central.
11. Desaireador.

12. Tanque de expansión.
13. Bomba de circulación.
14. Bomba de circulación de reserva.
15. Válvula termostática.

### **Conexiones de tuberías.**

401. Entrada agua de circuito de A.T.
402. Salida agua circuito A.T.
403. Ventilación aire circuito A.T.
404. Agua precalentador.
405. Entrada agua circuito B.T.
406. Salida agua circuito B.T.
407. Ventilación aire circuito B.T.





·14.-Sistema interno refrigeración de los Motores Auxiliares.

### 6.3.4 Circuito abierto de agua salada.

Como ya se indicó, el circuito de refrigeración de agua salada evacua el calor del circuito cerrado de baja temperatura, luego es la fuente fría (refrigerante primario) de todo el sistema de refrigeración.

De todos los circuitos refrigerados por el circuito centralizado de baja temperatura, se debe destacar el circuito de alta temperatura, ya que este representa en torno al 90% de las necesidades totales. La necesidad de refrigeración de este circuito es proporcional a la carga de los motores y está se mantiene prácticamente constante durante la navegación. Sin embargo, la temperatura del agua de mar puede ser varios grados inferior a la de proyecto con lo que el salto térmico entre el circuito de agua dulce y el de agua salada puede incrementar significativamente su valor, e incluso llegar a duplicarse. Por todo esto, es conveniente disponer la planta de bombeo de forma que pueda adaptarse a las distintas necesidades. A tal efecto, se dispondrán dos bombas de agua salada cada una de ellas con una capacidad unitaria del 60% de la total.

Teniendo en cuenta lo anterior, y las recomendaciones del fabricante del motor, se obtiene que, el buque, para este circuito, contará con los siguientes equipos:

- Dos bombas eléctricas verticales, centrífugas y no autocebadas, para el servicio de agua salada de los sistemas centralizados de Motores Principales. Las características de estas bombas son:

Bombas para servicio de A.S. de los sistemas centralizados de MM.PP's				
Unidades instaladas / en servicio				2/1
Caudal (m³/h)				357
Presión de funcionamiento (bares)				2,5
$\eta_{\text{bomba}}$				0,75
$\eta_{\text{eléctrico}}$				0,95
Motor eléctrico (kW)				35,09

- Dos bombas eléctricas, centrífugas y no autocebadas, para el condensador de la maquinaria refrigeradora del sistema de aire acondicionado. Las características de estas bombas son:

Bombas de alimentación del condensador de la maquinaria refrigeradora del sistema de aire acondicionado				
Unidades instaladas / en servicio				2/1
Caudal (m³/h)				9
Presión de funcionamiento (bares)				3
$\eta_{\text{bomba}}$				0,6
$\eta_{\text{eléctrico}}$				0,80
Motor eléctrico (kW)				1,62

- Una bomba eléctrica centrífuga no autocebada para el servicio de circulación y alimentación del generador de agua dulce. Las características de estas bombas son:

Bombas para el servicio de circulación y alimentación del generador de agua dulce				
Unidades instaladas / en servicio				1/1
Caudal (m³/h)				8
Presión de funcionamiento (bares)				3
$\eta_{\text{bomba}}$				0,6
$\eta_{\text{eléctrico}}$				0,80
Motor eléctrico (kW)				1,40

A continuación se adjunta un esquema del sistema de circulación de agua salada.

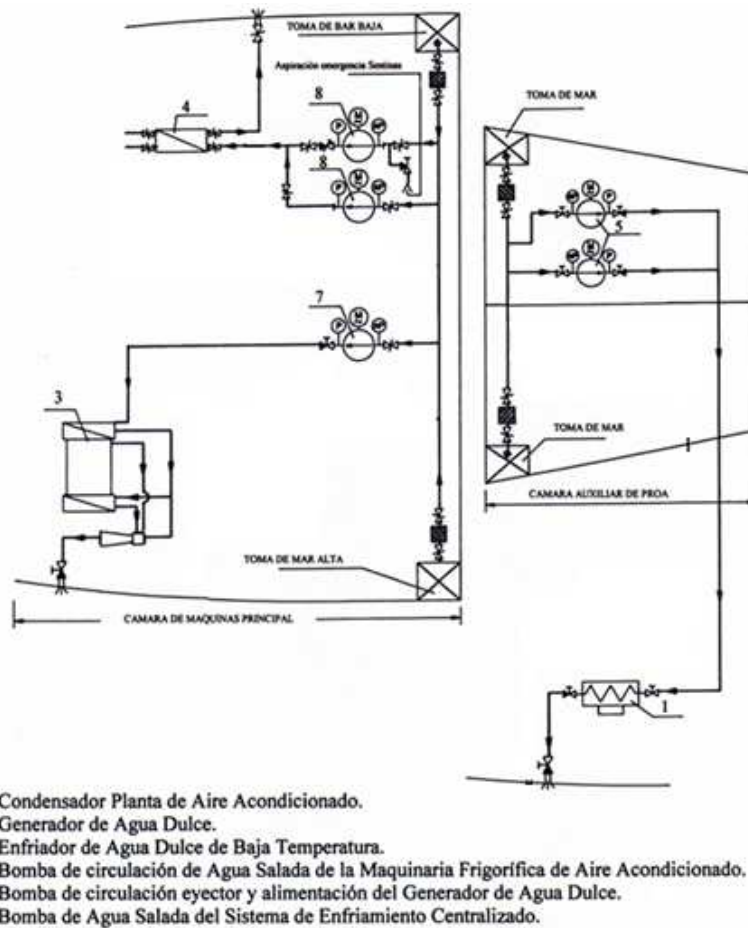


Figura 6-15.-Sistema de circulación de agua salada.



## 6.4 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

### 6.4.1 Introducción.

La totalidad de los motores marinos con potencias superiores a los 300/400 bhp se arrancan con aire comprimido, por inyección directa del mismo en los cilindros, a través de las válvulas de arranque situadas en las culatas de los cilindros.

La presión nominal de aire de arranque requerida por los fabricantes de motores se fija en 30 bares, aunque los motores puedan llegar a arrancar con 10 bares o incluso menos, naturalmente con consumos de aire muy altos. El sistema exige la existencia no solo de compresores, sino de botellas que acumulan del aire para permitir durante las maniobras arrancadas sucesivas.

Una vez establecida la necesidad de la instalación han ido surgiendo usos adicionales para el aire comprimido, tales como control y actuación de instrumentos, accionamiento de herramientas a mano, limpieza, etc. La presión usual para estos servicios suele ser más reducida, en el orden de 7 a 8 bares. Estos servicios pueden ser alimentados desde las botellas principales a través de una estación reductora de presión. Sin embargo, cuando adquieren cierta importancia se disponen de compresores de servicio con sus correspondientes botellas a 7 o 8 bares de presión.

Para el caso del buque “muerto” es normal disponer un pequeño compresor embragado al motor de emergencia, que permitirá rellenar las botellas y así poder arrancar los auxiliares.

Por todas estas razones, el buque proyecto dispondrá de los siguientes sistemas de aire de comprimido:

- Sistema de aire de arranque.
- Sistema de aire de servicio y control.

### 6.4.2 Sistema de Aire de Arranque.

#### 6.4.2.1 Descripción del sistema.

Los compresores principales de aire estarán en paralelo y descargarán a cualquiera de los depósitos de aire a través de un separador de agua/aceite con drenaje a sentinas.

Los depósitos principales de aire estarán conectados en paralelo a cuatro líneas de aire independientes. Estas líneas proporcionarán aire a alta presión a:

- Motores Principales.



- Servicios de control y seguridad de los Motores Principales.
- Motores Auxiliares y al depósito del Generador de Emergencia.
- Servicios auxiliares y sirena.

Se instalará un compresor de accionamiento manual en el pañol del generador de emergencia de máquinas; el compresor llenará el depósito de aire del generador de emergencia.

También se tomará un ramal de descarga desde la conexión del manómetro de cada depósito principal para llenar la botella del sistema de cierre neumático remoto de las válvulas de cierre rápido.

La línea de servicio auxiliar proporcionará aire al sistema de aire de servicio y servicio de control (como emergencia) mediante una válvula reductora de  $7 \text{ kg/cm}^2$ .

Una válvula reductora de aire a baja presión proporcionará aire a baja presión a los siguientes servicios:

- Limpieza de sala de máquinas (conexiones para mangueras ubicadas en lugares oportunos).
- Limpieza de la purificadora de combustible (una conexión de manguera colocada dentro de la "cámara de la purificadora").
- Tubería de aire de cubierta.
- Tubería de aire del taller de máquinas.
- Soplado del sistema de circulación de las toberas de las válvulas de combustible de los Motores Principales (Conexión de manguera en cada Motor Principal).

#### 6.4.2.2 Equipos principales.

- Se instalarán dos compresores de aire principal eléctricos de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  aproximadamente cada uno (aire de aspiración libre) a 30 bares para llenado de los depósitos principales de aire de arranque.  
Cada compresor será alternativo, lubricado a presión, refrigerado por agua dulce y estarán equipados con filtros de aire con silenciadores, enfriadores, bomba de circulación, manómetros y válvulas de seguridad en cada fase.  
Los compresores también estarán equipados con sistema de arranque y parada automáticos.
- Un compresor diesel manual para el depósito de aire del generador de emergencia.
- Dos depósitos de aire de arranque para los Motores Principales, de  $1.5 \text{ m}^3$  de capacidad y presión a 30 bares.  
Los depósitos estarán fabricados de plancha de acero soldado de acuerdo con la Sociedad de Clasificación.



Cada depósito estará provisto de un registro para inspección y limpieza, y de las siguientes válvulas: válvula de descarga para Motores Principales, válvula de descarga para servicios auxiliares, válvula de descarga para Motores Auxiliares y válvula para manómetro.

Estos depósitos también dispondrán de válvula de seguridad directamente montadas en los mismos.

- Un depósito para el generador de emergencia de máquinas.

En la siguiente página se presenta un esquema del Sistema de Aire Comprimido de Arranque.



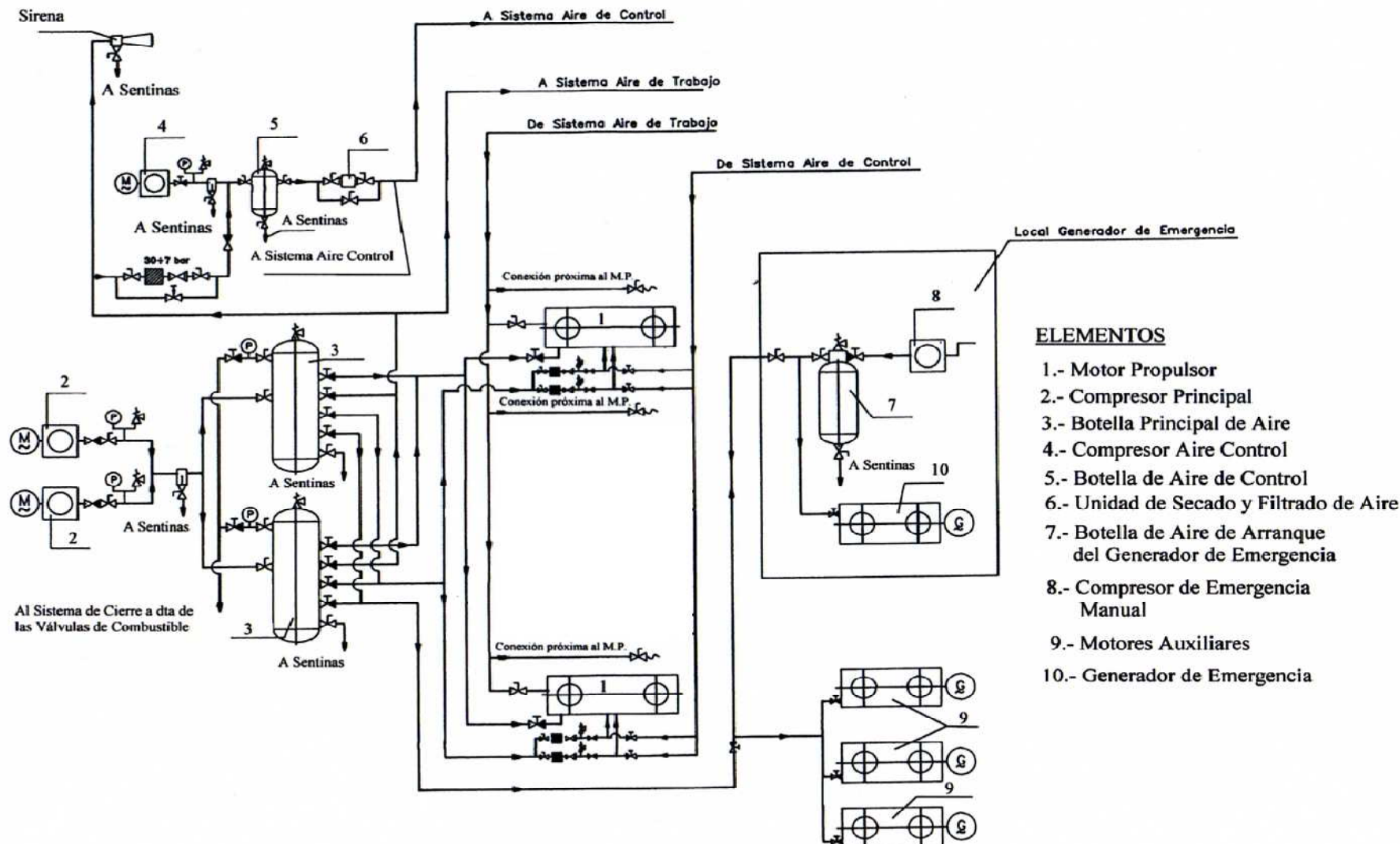


Figura 6-16.-Sistema de aire comprimido.



## 6.4.3 Sistema de aire de control.

### 6.4.3.1 Control remoto del Motor Principal

El sistema neumático del control remoto de los motores principales estará alimentado por el sistema de aire de control y, en emergencia, por las botellas principales de aire de arranque mediante válvula reductora y filtro, de acuerdo con los requisitos del fabricante de los Motores Principales.

### 6.4.3.2 Aire de servicio

El sistema con aire a 7 kg/cm<sup>2</sup> será alimentado por el compresor de aire de servicio y también por una tubería de alimentación de los depósitos principales con una válvula reductora.

### 6.4.3.3 Equipos principales

- Un compresor eléctrico de aire de servicio de 200 m<sup>3</sup>/h (aire de succión libre) a 7 bares.  
El compresor será alternativo, lubricado a presión, refrigerado por agua dulce y estará equipado con filtro de aire con silenciadores, enfriadores, bomba de circulación, manómetros y válvulas de seguridad para cada fase.
- Un depósito de aire de 0.25 m<sup>3</sup> de capacidad, a 7 bares para servicios de control.
- Se dispondrá un compresor de aire de control de 7 m<sup>3</sup>/h a 7 bares.  
El recipiente estará construido con plancha de acero soldada según las Reglas de la Sociedad de Clasificación, y estará equipado con un registro para inspección y limpieza, así como con válvula de llenado, válvula de descarga, válvula de seguridad y achique automático.
- Se instalará una unidad de filtrado y secado de aire, del tipo refrigerado. Su capacidad de 60 m<sup>3</sup>/h a 7 bares.

A continuación se presenta un esquema de dicho sistema en donde se especifica todos los servicios del buque que requieren para su funcionamiento aire comprimido a 7 bares de presión.



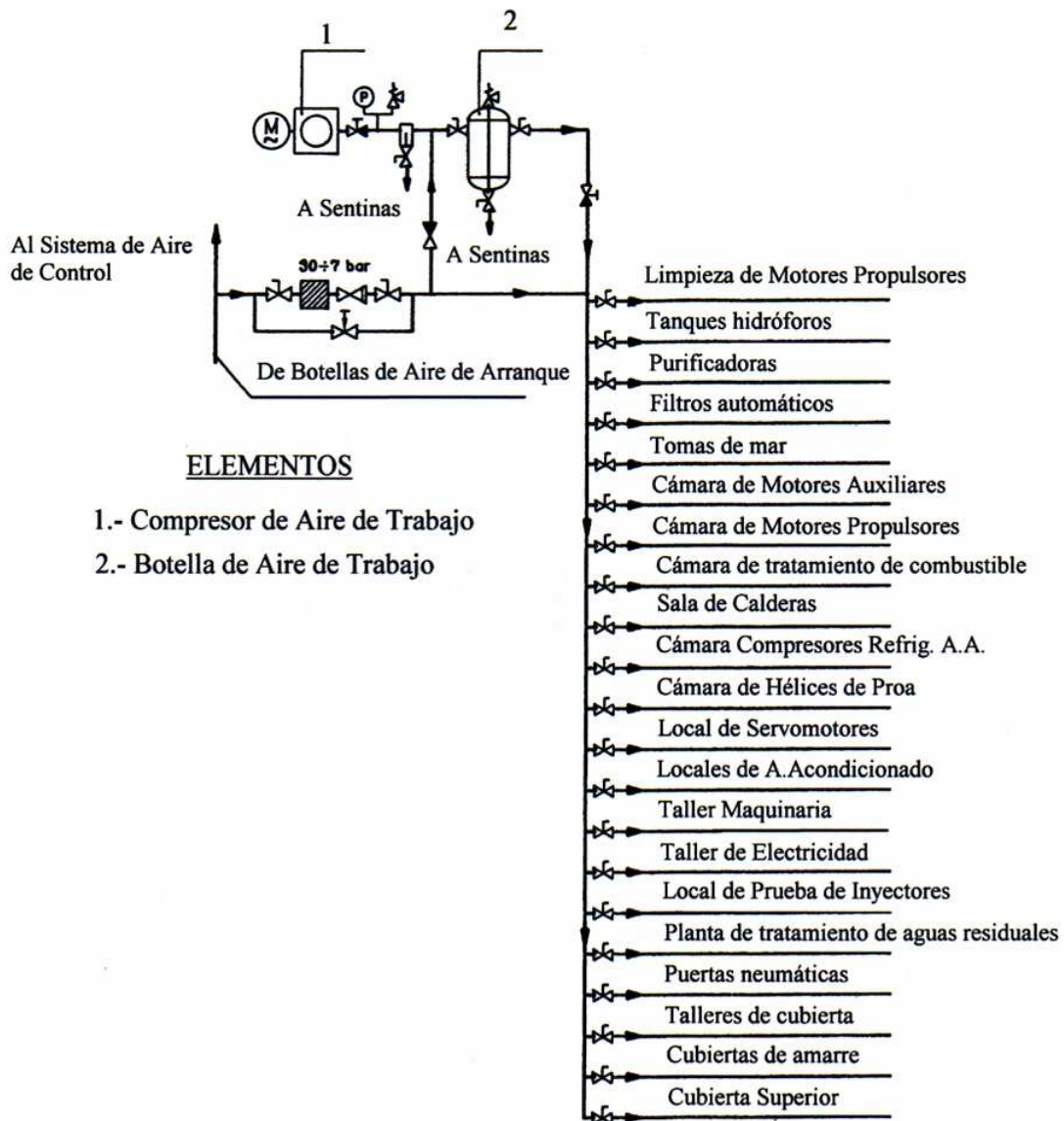


Figura 6-17.-Sistema de aire de trabajo.



## 6.4.4 Sistema neumático de válvulas de cierre rápido.

### 6.4.4.1 Descripción del sistema

Las tuberías de descarga de los depósitos principales de aire de arranque destinadas al llenado de los depósitos de este sistema estarán conectadas a la tubería común de alimentación con una válvula reductora de 8 bares.

El depósito de aire comprimido del sistema de cierre remoto de las válvulas de cierre rápido descargará a los cilindros neumáticos de dichas válvulas a través del distribuidor de aire anexo.

Las tuberías de distribución de aire de dichos distribuidores de aire estarán conectadas a una caja de control, con tapa de cristal.

### 6.4.4.2 Equipos principales

- Un sistema neumático para cierre de las válvulas de combustible y aceite lubricante de los compartimentos de máquinas, que deberá cerrarse instantáneamente en caso de incendio de acuerdo con las Reglas.

Dicho sistema consistirá principalmente en un depósito de aire comprimido y un panel de control con los accionadores relevantes.

Se adjunta a continuación un esquema del Sistema Neumático de Válvulas de Cierre Rápido.

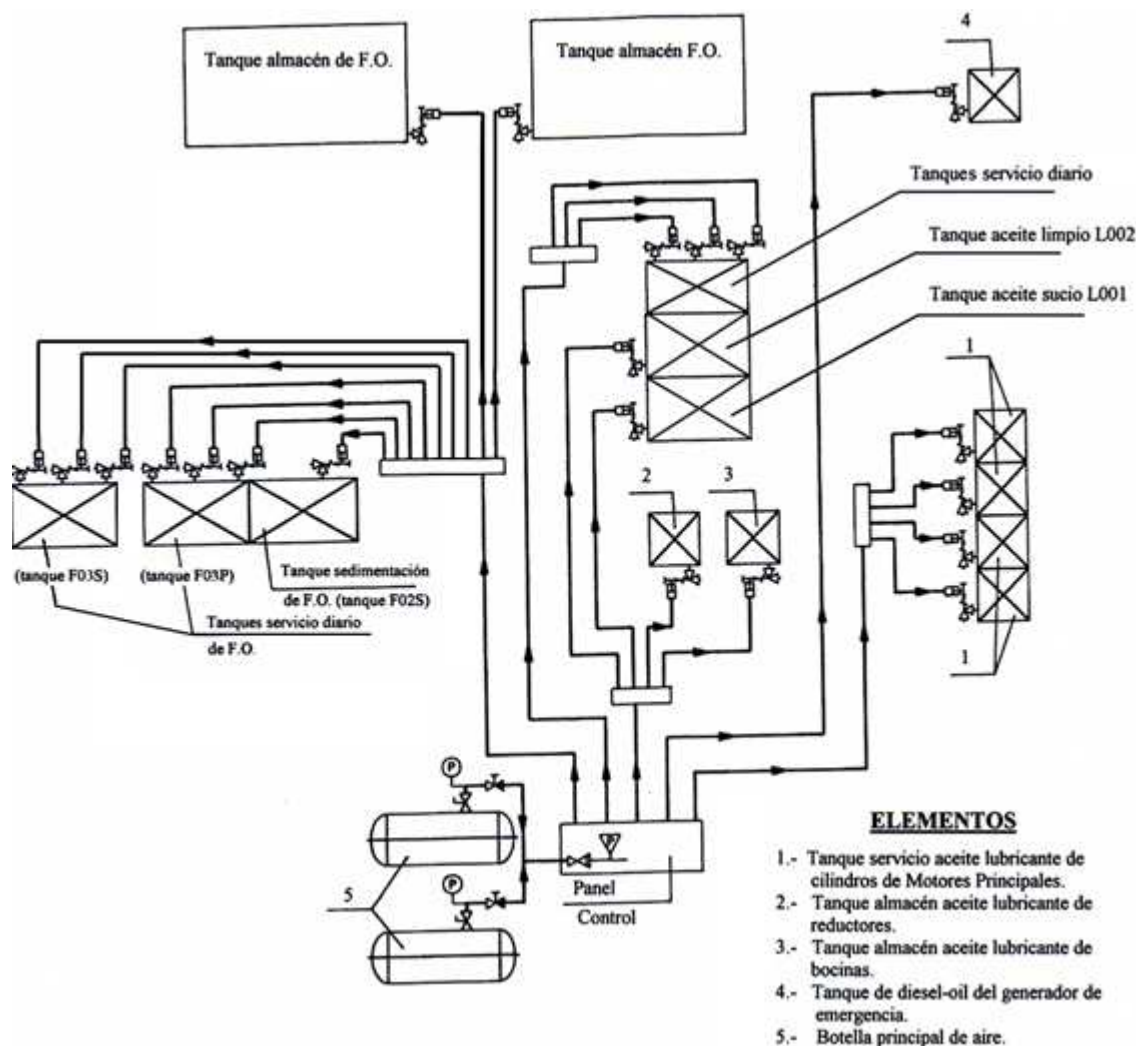


Figura 6-18.-Cierre a distancia de válvulas de combustible y aceite.



## 6.5 SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN DE GASES DE ESCAPE

Dicho sistema se diseñará de acuerdo a las normas generales expuestas a continuación:

- Cada uno de los motores dispondrá de su propio conducto de escape aislado térmicamente en todo su recorrido desde la turbosoplante, y el aislamiento se protegerá mediante una chapa de recubrimiento. Se montará un fuelle flexible directamente a la pieza de transición en la salida de la turbosoplante, para compensar las dilataciones térmicas y evitar daños sobre el mismo como consecuencia de las vibraciones.
- Los gases de escape de cada Motor Principal serán dirigidos separada y directamente al economizador respectivo de gases de escape, y de aquí al exterior mediante silenciador asociado.
- La resistencia que los conductos de escape ofrecen a los gases tienen gran influencia en la carga térmica y el consumo de los motores. Siguiendo especificaciones del fabricante de los motores, es muy importante que la resistencia total del sistema de escape no supere, en los Motores Principales y Auxiliares los 30 mbar de caída de presión.
- La velocidad en los conductos no debe exceder los 40 m/s y se debe tomar especial cuidado en la sección del diámetro de los mismos y su forma, especialmente en caso de presentar codos, como en este caso, puesto que aumentan mucho la resistencia si su radio de giro es pequeño. Por ello, y siguiendo indicaciones del fabricante de los motores, las curvas serán hechas con el mayor radio posible, siendo como mínimo  $1.5 \cdot D$ .
- Los drenajes de la exhaustación de Motores Principales se dirigirán a sentinas mediante un tanque de drenaje.
- Los conductos de exhaustación de los Motores Principales consistirán en tubos de 5 mm de espesor de chapa soldada aproximadamente, y estarán provistos de juntas de expansión corrugadas. Dichas juntas de expansión se fabricarán con una, dos o tres ondas soldadas de acero inoxidable y tendrán bridas de acoplamiento en cada extremo. La máxima deflexión debida a la tracción o compresión en dichas juntas de expansión será de 5 mm por onda.
- Los silenciadores serán del tipo absorción equipados con apagachispas, fabricados con chapa de acero y diseñados para reducir el nivel de ruidos 35 dB. Estarán aislados y montados con soporte elástico en el guardacalor.
- Con el fin de disminuir los niveles de ruidos y vibraciones, el sistema de exhaustación se dispone soportado mediante dispositivos antivibratorios de diferente configuración y diseño según los puntos de aplicación.
- El conducto de humos del incinerador se dirigirá directamente al exterior.

A continuación se presenta en la siguiente página el esquema del Sistema de Exhaustación de Gases de Escape.

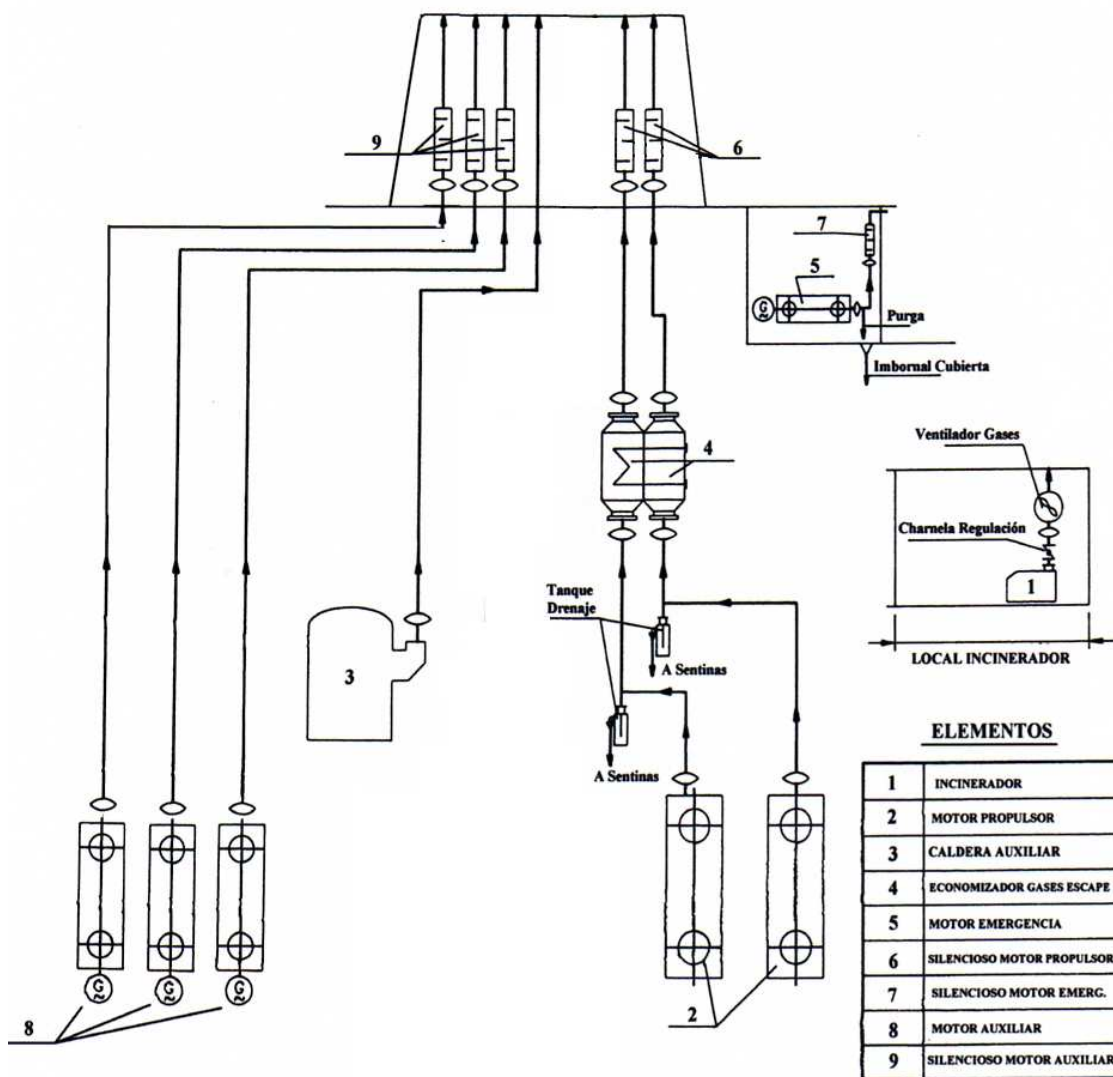


Figura 6-19.- Sistema de gases de escape.



## 6.6 SISTEMA DE LODOS Y ACEITE SUCIO

### Introducción

Se describe a continuación los sistemas del buque destinados a tratar lodos y aceites sucios. Estos sistemas eliminan todos los restos de combustible no utilizables que se generan durante el funcionamiento normal del buque. Esto se puede realizar directamente, a través del incinerador, o bien descargando en puerto para su posterior tratamiento a través de estaciones de llenado y vaciado.

### Equipos principales.

Se dispondrá para el sistema de aceite sucio:

- Un tanque de aceite sucio.
- Bomba de trasiego de aceite sucio.
- Tanque almacén de aceite.
- Bomba de trasiego de aceite limpio.

Las características de estos equipos ya han sido mencionadas en el apartado 6.2.1.4. de este mismo documento.

Se dispondrá para el sistema de lodos:

- Tanque de lodos de las purificadoras de HFO. Este tanque fue denominado anteriormente con la codificación siguiente, V003.
- Tanque de lodos de la purificadora de aceite, denominado como V004.
- Bomba de lodos horizontal de tipo tornillo y con accionamiento eléctrico. Las características de esta bomba y su motor eléctrico fueron calculados en el apartado 6.1.4.3.4. resultado las siguientes características para las mismas:

Bombas de lodos			
Unidades instaladas / en servicio		2/1	
Caudal (m <sup>3</sup> /h)		1,29	
Presión (bares)		3	
ηbomba			0,45
ηeléctrico			0,70
Potencia bomba (kW)		0,34	

Se dispondrá para ambos servicios:

- Un incinerador.
- Una unidad homogenizadora de lodos para el tratamiento de lodos para ser quemados por el incinerador. La disposición y características de esta unidad será conforme con los requisitos del fabricante del incinerador.



- Descargas a cubierta en estaciones de vaciado y llenado.

#### Descripción del sistema.

1. Sistema de aceite sucio: La bomba de aceite sucio aspira del tanque de aceite sucio, tanques de reboses de aceite y tiene descargas posibles al tanque de aceite sucio, al incinerador o a las estaciones de vaciado y llenado.
2. Sistema de lodos: La bomba de lodos estará dispuesta de forma que pueda aspirar del tanque de agua de sentinas y de los tanques depuradores de lodos de aceite y combustible y descargarán en la unidad homogenizadora de lodos y en la estación de llenado.

Se adjunta a continuación un esquema de dicho sistema de lodos.



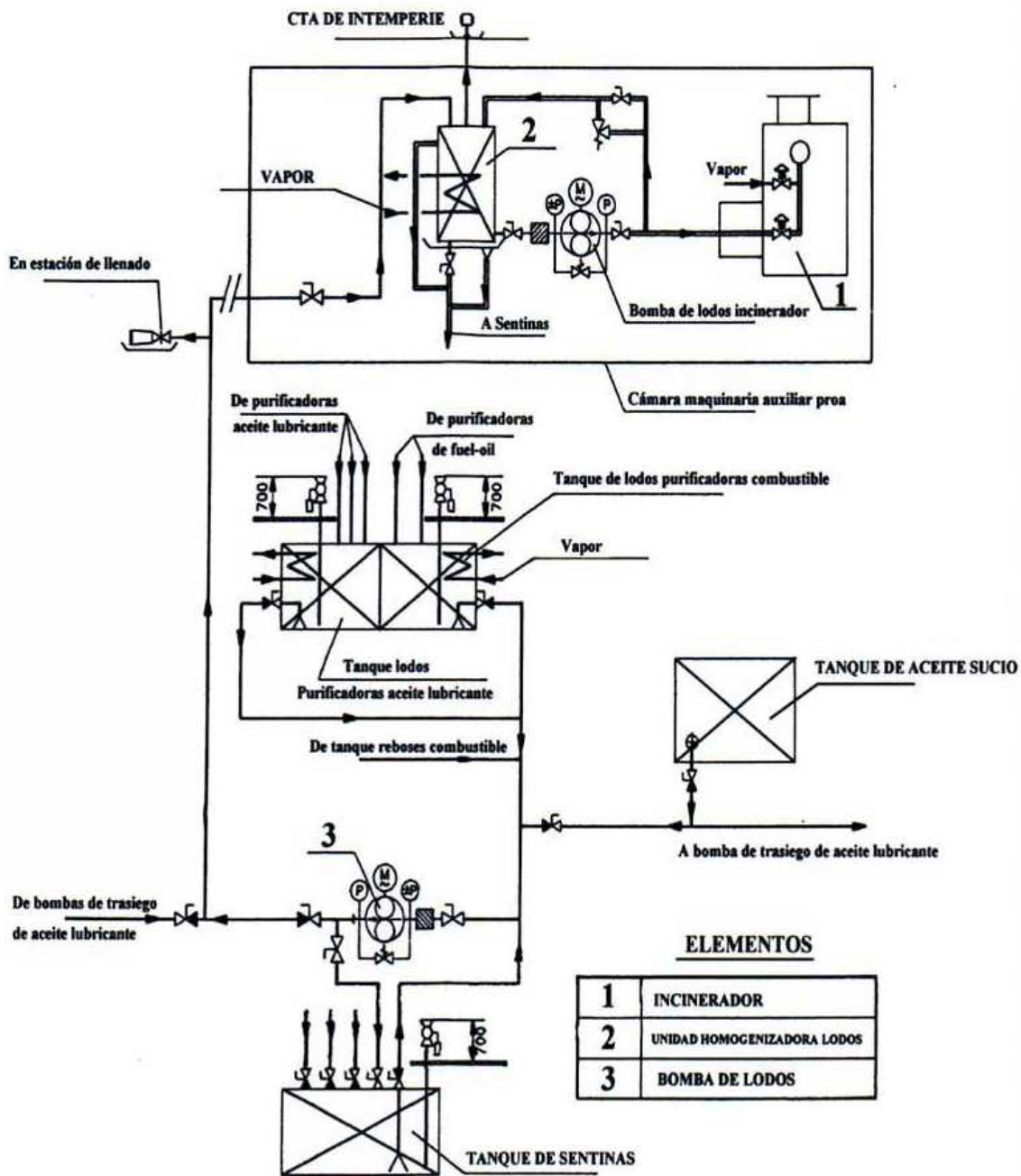


Figura 6-20.-Sistema de lodos y aceite sucio.





## 6.7 SISTEMA DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS

La exposición detallada del Sistema de Ventilación de Cámara de Máquinas la realizamos en el cuadernillo 8, dentro de la descripción de los Equipos de Ventilación, Aire Acondicionado y Calefacción del Buque.



## 6.8 EQUIPO DE IZADO Y MANTENIMIENTO DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.

Se instalarán dos grúas-puente desplazables paralelas, una sobre Motores Principales y otra sobre Motores Auxiliares, para efectuar operaciones de mantenimiento. Sus características son las siguientes:

- Capacidad de 1600 kg de carga cada una.
- Velocidad máxima de elevación de 3.6 m/min.
- Velocidad mínima de elevación de 0.8 m/min.
- Velocidad de translación 12 m/min.
- El gancho de izado se manejará eléctricamente y el control se realizará desde un mando suspendido de la grúa.

El movimiento longitudinal y transversal del puente se realizará con motores eléctricos y de cremallera. Además, el movimiento longitudinal también podrá realizarse manualmente.

En los extremos de las vigas se instalarán topes, uno de ellos con sistema de mordazas mecánicas.

Se instalará un carril independiente sobre las purificadoras de combustible y aceite lubricante, con un aparejo de 0,5 t.m. con desplazamiento e izado manual.

También se instalarán medios manuales adecuados de izado para mantenimiento.

También se instalará un carril para el taller de Cámara de Máquinas, así como un carril para traslado de respetos pesados desde la escotilla de la Cámara de Máquinas hasta su ubicación a bordo.



## 7 TALLERES Y PAÑOLES EN CÁMARA DE MÁQUINAS.

Ampliamos en este apartado la descripción dada en el apartado 6 de este documento en relación a los equipos que se dispondrán en los talleres y pañoles de Cámara de Máquinas:

En el Taller de Máquinas, situado a su vez en la Cámara de Tanques, se dispondrán los siguientes equipos:

- Un torno eléctrico de 1.500 mm entre centros y 500 mm de altura de bancada.
- Un taladro eléctrico para taladros de hasta 25 mm de diámetro.
- Un equipo de soldadura eléctrica de 400 amperios de capacidad de salida.
- Un equipo portátil de oxiacetileno para corte y soldadura.
- Un banco de prueba de inyectores con soporte para inyectores y bomba manual apantallada del área circundante.
- Una máquina de afilar eléctrica de dos ruedas, una para desbaste y otra para repasar, de 250 mm de diámetro.
- Un banco de taller con un tornillo para taller de máquinas.
- Un banco de taller para pañol de purificadoras.
- Una taquilla metálica.
- Una zona de fontanería con respetos.



## 8 CÁMARA DE MÁQUINAS DESATENDIDAS

Se describen en este apartado los dispositivos instalados a bordo que permiten al buque cumplir con la notación de Cámara de Máquinas Desatendida.

En el SOLAS se recoge una serie de prescripciones que han de cumplir para que el buque reciba la notación de Cámara de Máquinas Desatendidas. Estas también vienen recogidas en el Reglamento del Burea Veritas.

La notación AUT-MS se aplica a buques cuyos espacios de maquinaria puedan funcionar sin asistencia de los maquinistas en condiciones de navegación y maniobra, incluidas las de emergencia.

Las operaciones que se realizan con una periodicidad igual o menor a 24 horas en condiciones de navegación y maniobra deben estar totalmente automatizadas.

Dada su importancia, describiremos a continuación de manera exhaustiva el sistema de alarma, control y monitorización del buque en cuanto a maquinaria se refiere.

### 8.1 GENERAL

Las funciones de control remoto y alarma/monitorización se dispondrán en las siguientes localizaciones:

- Cabina de Control de Sala de Máquinas.
- Puente de Gobierno.

A tal efecto, el buque contará con un Sistema Integrado de Alarma, Control y Monitorización (IACMS), del que hablaremos con profundidad en los siguientes apartados, con centro operador en la Cabina de Control de Máquinas, Puente y Oficina de carga. Todos los sistemas principales se accionarán desde el IACMS, por ejemplo Motores Principales, planta generadora, auxiliares de servicio, bombas, ventilación, válvulas, etc, según se describe posteriormente.

Los dispositivos centralizados de control, en general, se dispondrán en mesas o cuadros montados elásticamente sobre acero. Si fuera necesario, se dispondrán refuerzos. Los componentes interiores de mesas o paneles serán accesibles para reparaciones o sustitución. Las partes horizontales de mesas se dedicarán preferentemente para accionamiento de controles. Las partes verticales se dedicarán a indicadores, alarmas, pantallas de video (VDUs) y pilotos (luces) de control.

La instrumentación también estará dispuesta para permitir el accionamiento manual local de maquinaria y equipos en caso de fallo del control automático.

La distribución de componentes en la/s consola/s se hará teniendo en cuenta un agrupamiento lógico de servicio y uso.



La planta responderá automáticamente al control efectuado desde el Puente o la Cabina de Control de Máquinas sobre la gama completa de operaciones de la planta en condiciones normales sin intervención del personal de guardia de máquinas.

La disposición del sistema será tal que ningún error, fallo de suministro eléctrico o mal funcionamiento del sistema impedirá mantener el control efectivo de la planta. En los diferentes sistemas se instalará el necesario exceso de instrumentación.

Cualquier circuito que requiera función de seguridad, control y alarma estará provisto de sensores para cada función.

Los sistemas de microprocesadores estarán diseñados para eliminación rápida de problemas utilizando el microprocesador para identificar la tarjeta o el circuito de lazo con problemas.

El cableado desde todos los sensores analógicos, desde sensores de otro tipo para funciones de seguridad y desde dispositivos de salida (tales como actuadores de válvula) estarán continuamente monitorizados para detectar interrupción de circuitos o cortocircuitos y fallos de tierra en los componentes de campo.

Cualquier condición de fallo en el sistema de microprocesador disparará la alarma, identificando tanto la naturaleza como la localización del fallo.

Se prestará particular consideración a conseguir que los componentes, tales como controladores, válvulas de control, transmisores, válvulas de solenoide, interruptores limitadores, luces piloto, etc., estén uniformados respecto al mismo fabricante, tipo y medida.

Se dispondrán diagramas de planos de funciones/bloques de instrucciones mostrando la secuencia lógica de métodos de maniobra de maquinaria.



## 8.2 SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL, ALARMA Y MONITORIZACIÓN.

### 8.2.1 Introducción

Se instalará un Sistema Integrado de Control de Alarma y Monitorización, consistente en un sistema distribuido basado en microprocesadores con subestaciones independientes (unidades de proceso local) y centros de operadores (teclado y DDU de 15" color) según se describe más abajo.

El sistema integrará la alarma y la monitorización de toda la maquinaria de importancia en Cámara de Máquinas, Pañol Propulsor de Proa y otros locales técnicos, según se especifica, utilizando una red de unidades procesadoras y periféricas con diferentes niveles de supervisión, de acuerdo con requisitos de la Sociedad de Clasificación.

El sistema realizará las siguientes funciones principales, según se describe a continuación:

- Monitorización y alarmas de maquinaria.
- Monitorización de situación (estado).
- Sistema de extensión de alarma.
- Control de la planta eléctrica.
- Automatización de reserva de bombas y compresores.
- Sistema de aviso y extensión de alarma a maquinistas.
- Control remoto de válvulas de lastre y sentinas.
- Función de impresión de ordenes.

En la Cabina de Control de Máquinas se instalarán dos VDUs a color de 16 pulgadas como mínimo, dos teclados, una impresora alarma/diario, y se podrá asignar uno para pantalla de alarma y otro para control/monitorización.

En el Puente de Gobierno y en la Oficina de Carga se instalará un VDU de un mínimo de 16 pulgadas y un teclado del Sistema Integrado de Control, Alarma y Monitorización (IACMS).

Desde el teclado se podrá seleccionar el canal de representación, cambiar valores de parámetros establecidos, representación de diagramas mímicos, válvulas de control abierta/cerrada, funciones de solicitud de registro, etc.

Sistema estándar de representación con dispositivos hecha a medida, representación de tendencias y representación de gráficos en color con esquemas, incluyendo en el sistema indicación de estados de alarma y medición de analógica de valores puntuales.



Se incluirán unas 20 representaciones gráficas.

En general, las alarmas y valores de medida se mostrarán en pantalla VDU de forma que en consola se minimicen las luces indicadoras, lámparas de alarma y relojes.

### 8.2.2 Sistema de monitorización de alarmas

El sistema de alarma estará equipado con características de automatización según exigencias de la Sociedad de Clasificación.

Las alarmas estarán provistas de límites ajustables alto/bajo y retardadores.

Cuando surja un fallo, funcionarán una alarma sonora y una señal intermitente en el VDU. La alarma audible se cancelará pulsando el correspondiente pulsador. La señal óptica intermitente seguirá alarmando en canal hasta ser aceptada mediante otro pulsador que cambiará la señal óptica de intermitente a continua hasta que el defecto haya sido corregido, desapareciendo así el canal de la pantalla.

Si el fallo se corrigiese antes de aceptarlo, al presionar el pulsador de aceptación el canal deberá desaparecer de la pantalla.

Los puntos sujetos a vigilancia por el sistema de alarma serán los exigidos por la Sociedad de Clasificación y los fabricantes de equipos, o incluidos en sus normas y aquellos considerados necesarios para la correcta vigilancia de la maquinaria según práctica del Constructor.

### 8.2.3 Aviso a maquinistas y sistema de extensión de alarmas

Se dispondrá un sistema de aviso a maquinistas y extensión de alarmas, para alertar al oficial de guardia durante el periodo de abandono de Sala de Máquinas, cuando se produzca cualquier situación de alarma (extensión de alarma) y para avisar a los oficiales cuando sea necesario (aviso a maquinistas).

Habrà estaciones en los siguientes lugares:

- Puente de Gobierno.
- Cabina de Control de Máquinas.
- Camarote y sala de estar de oficiales.
- Camarote del 1<sup>er</sup> Maquinista.
- Camarote del 2<sup>er</sup> Maquinista.
- Camarote del 3<sup>er</sup> Maquinista.

Tanto el cuadro de Cabina de Control de Máquinas como en Puente, habrá un conmutador selector y luces indicadoras correspondientes, para trasfencia de responsabilidad de monitorización. También se dispondrán luces indicadoras en el cuadro del Jefe de Máquinas. Mediante esta disposición, antes de abandonar la Sala



de Máquinas, el maquinista comunicará las alarmas de Cabina de Control de Máquinas con el Puente de Gobierno. Esta conexión sólo se realizará bajo aceptación del Maquinista de guardia (ambos selectores en posición “Puente de Gobierno”), pero la desconexión podrá realizarse unilateralmente por un maquinista. En cualquier caso, siempre que ambos selectores no estén en la misma posición, se dará una alarma para alertar al Maquinista de guardia y al Puente.

El sistema central de alarma estará provisto de salidas, una por punto de alarma, que serán recibidas por el sistema de extensión de alarma. Dentro de este sistema, todas las alarmas estarán agrupadas constituyendo alarmas resumidas (14 grupos de alarma).

Estas alarmas resúmenes se revelarán mediante una indicación independiente en los cuadros del Puente y del Jefe de Máquinas. El cuadro del Puente de Gobierno también contendrá un juego de pulsadores iluminados para selección de los maquinistas o maquinista de guardia. El o los maquinistas elegidos recibirán en su camarote todas las alarmas de máquinas agrupadas en una alarma resumen.

Cuando surja cualquier alarma (siempre que la extensión de alarma esté conectada) la situación de alarma será representada y anunciada acústicamente en las cámaras y salas de estar de oficiales, en Puente y en Sala de Máquinas. Además, la alarma será transmitida al camarote del oficial de guardia y al del Jefe de Máquinas.

Las estaciones de alarma de camarotes y locales públicos contendrán lo siguiente:

- Una ventanilla de alarma.
- Una ventanilla de “aviso”.
- Un pulsador de recepción de alarma.
- Un pulsador de recepción de aviso.
- Un pulsador de prueba luminosa de todas las luces.

Como característica general, la recepción de alarma en camarotes y espacios públicos no cancelará el aviso de alarma en el sistema de monitorización central. Cuando una alarma se manifieste en el camarote del oficial de guardia y trascurra un intervalo sin aceptación de alarma en el camarote, en el Puente saltará una alarma de “primera aceptación no efectuada”. Si se realiza la primera aceptación en camarote pero transcurre otro intervalo de tiempo ajustable, saltará en Puente otra alarma de “segunda aceptación no efectuada” y en el Camarote del Jefe de Máquinas.

El cuadro de la Cabina de Control de Máquinas incluirá lo siguiente:

- Pulsador de aviso a maquinista.
- Pulsador de aceptación de alarma.
- Pulsador de aceptación de aviso.
- Conmutador selector para conexión de extensión de alarma.
- Luces indicadoras Puente/Sala de Máquinas.





El Puente incluirá lo siguiente:

- Luz alarma.
- Pulsadores de aviso a maquinistas.
- Conmutador-selector para conexión extensión alarma.
- Luces indicadoras Puente/Cabina de Control Máquinas.
- Luces indicadoras Maquinista de guardia.
- Luz indicadora “primera aceptación no efectuada”.
- Luz indicadora “segunda aceptación no efectuada”.

Podrán adoptarse secuencias de alarma y disposiciones de cuadros similares, dependiendo de las normas del fabricante del sistema central de alarma.

#### **8.2.4 Alarma de hombre muerto.**

En sala de Motores Principales y Auxiliares, se instalará un sistema de alarma de “hombre muerto” para protección del maquinista de guardia cuando esté atendiendo estas zonas sin compañía.



## 8.3 CONTROL DE LA PLANTA PROPULSORA

Bajo cualquier condición de navegación, la velocidad y dirección de empuje deben de estar totalmente controlados desde el Puente de Navegación. La maquinaria propulsora debe parar automáticamente sólo en circunstancias excepcionales que pudieran causar daños con rapidez debido a fallos internos. Se incluirán los aparatos necesarios para prevenir anormales sobrecargas en cada uno de los motores.

### 8.3.1 Control local

Con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los motores en caso de fallo del sistema de control remoto, se instalará, en cada uno de ellos, una estación de control de emergencia accionada mecánicamente para arranque y parada manuales de los motores.

Además se instalará un equipo de telégrafo del tipo de no-respuesta.

### 8.3.2 Control remoto.

Se instalará un sistema de control eléctrico/electrónico para arranque/parada y conexión (control embragues) de los Motores Principales desde la Cabina de Control de Máquinas y Puente de Gobierno. El sistema de control estará provisto de las funciones necesarias de bloqueo y seguridad.

Cuando funcionen las toma de fuerza, PTO, la velocidad de los motores se establecerá automáticamente mediante un regulador electrónico de velocidad y el paso de las hélices estará regulado desde el Puente y la Cabina de Control de Máquinas.

El sistema de control remoto de los Motores Principales será tal que sea aceptado por el fabricante de los mismos.

Se dispondrá transferencia de control del Puente a la Cabina de Control de Máquinas y viceversa.

Las funciones del sistema incluirán:

- Cebado, arranque/parada y parada de emergencia de Motores Principales.
- Embrague, desembrague y desembrague de emergencia.
- Sistema de seguridad; reducción/cierre de la carga del motor.
- Control de punteo de parada automática desde el Puente y Cabina de Control de Máquinas.

Se dispondrá un dispositivo de parada manual de emergencia y será independiente del sistema de control remoto.



El dispositivo automático de cierre seá independiente del sistema del sistema de control remoto y se activará bajo condiciones recomendadas por el fabricante de los motores y debe ser aprobado por la Sociedad de Clasificación.

La función automática de reducción de velocidad será efectiva sólo durante modo de control remoto.

Los controles remotos de Cabina de Control de Máquinas y Puente de Gobierno incluirán la unidad de control de maniobra así como alarma, dispositivos de maniobra y seguridad e indicadores, de acuerdo con las normas del fabricante de Motores Principales y los requisitos de la Sociedad de Clasificación.

En el Puente se dispondrán parada de emergencia y desembrague. En los alerones también se instalarán desembragues de emergencia.

### 8.3.3 Control remoto de embragues

Los embragues de los Motores Principales tendrán control remoto desde el Puente de Gobierno y Cabina de Control de Máquinas.

También se instalarán los necesarios sistemas de seguridad y bloqueo para evitar operaciones incorrectas cuando funcionen generadores movidos por PTO's o cuando el virador esté embragado.

En el Sistema Integrado de Control, Alarma y Monitorización (IACMS) se incluirán una representación gráfica de posición de embragues, funcionamiento de Motores Principales y Auxiliares y posición de interruptores automáticos y de reserva.

### 8.3.4 Sistemas de seguridad y protección

Los sistemas de alarma, reducción de velocidad y parada automática estarán separados eléctricamente.

Se instalarán las siguientes alarmas:

- Alta temperatura de refrigerante de cilindros a la salida del motor.
- Baja presión o flujo del refrigerante de cilindros a la entrada del motor.
- Bajo nivel del tanque de refrigerante de cilindros.
- Contaminación por aceite lubricante del sistema de refrigeración.
- Baja presión de las bombas de refrigeración del sistema de agua salada.
- Baja presión del refrigerante de pistones.
- Alta temperatura de refrigerante de pistones.
- Bajo nivel del tanque de refrigerante de pistones.
- Alta temperatura del refrigerante de válvulas de combustible a la salida del motor.
- Baja presión del sistema de refrigeración de válvulas.



- Bajo nivel del sistema de refrigeración de válvulas.
- Alta temperatura de aceite lubricante a la entrada del enfriador.
- Baja temperatura de aceite lubricante a la entrada del motor.
- Condensación en el cárter.
- Caída de presión en los filtros del sistema de lubricación.
- Baja presión de entrada de aceite en el motor.
- Bajo nivel de los tanques de aceite de retorno.
- Bajo nivel del aceite lubricante de cilindros.
- Bajo flujo del aceite lubricante de cilindros.
- Alta temperatura de salida de aceite de lubricación de las turbosoplantes.
- Baja presión del sistema de lubricación de turbosoplantes.
- Baja presión de entrada y bajo nivel de los tanques de los sistemas de aceite de lubricación.
- Alta y baja temperatura de los gases de exhaustación de cada cilindro.
- Sobrevelocidad de las máquinas rotativas.
- Alta y baja temperatura de los combustibles a la salida del calentador.
- Baja presión de entrada del combustible en los motores.
- Bajo nivel del tanque de servicio diario.
- Alta temperatura de las chumaceras de empuje.
- Alta temperatura del aceite lubricante de reductoras.
- Baja presión del aceite lubricante de reductores.
- Bajo nivel de tanques de aceite del sistema de lubricación de reductores.

#### 8.3.4.1 Parada automática

Los Motores Principales estarán provistos de sistemas de seguridad que provocarán la parada automática en caso de:

- Muy baja presión de aceite lubricante.
- Alta temperatura de salida de agua de enfriamiento.
- Sobrevelocidad.
- Niebla en el cárter.
- Cualquier otra requerida por el fabricante de los motores o la Sociedad de Clasificación.

En caso de reducción de velocidad automática del Motor Principal se indicará en Cabina de Control de Máquinas y en el Puente de Gobierno.

#### 8.3.4.2 Reducción automática de velocidad

Se dispondrá un sistema de reducción automática de velocidad para proteger los componentes del motor contra sobrecargas en condiciones normales y, al mismo tiempo, para mantener al buque operativo en caso de que surjan fallos.



Las alarmas relacionadas a continuación (del sistema central de alarmas) estarán agrupadas en una alarma para “Reducción automática de velocidad” del Motor Principal con indicación en la Cabina de Control de Máquinas y en Puente.

#### **8.3.4.3 Sistema de Monitorización de Gases de Escape de los Motores Principales.**

Se dispondrá un software de sistema de alarma para monitorizar las temperaturas de gases de escape de los Motores Principales. En cada uno de ellos se dispondrá:

- 1 punto por salida de cilindro.
- 1 punto por toma de turbosoplante.
- 1 punto por salida de turbosoplante.

Los sensores primarios serán pares termostáticos de Ni Cr/Ni o similar. Las señales de estos pares termoelectrónicos se recibirán en la unidad procesadora donde se calculará automática y continuamente el valor medio de las señales. Se mostrarán las temperaturas individuales.

Cuando cualquier temperatura se desvíe de la media del correspondiente motor más del límite permitido, el sistema activará la alarma.

También saltará la alarma cuando el valor medio sea superior a un cierto punto establecido (sobrecarga).

Las alarmas de desvío de la media alta y de fallos del sistema se resumirán en un solo canal por Motor Principal del sistema central de alarma.

Este sistema estará integrado en el Sistema Central de Alarma y Monitorización.

#### **8.3.4.4 Detector de neblina de aceite en el cárter del Motor Principal.**

En el cárter de cada Motor Principal se instalará un sistema de detección de neblina de aceite. Dicho sistema funcionará con células fotoeléctricas.

Si el cárter contiene niebla de aceite, saltarán señales de alarma visual y acústicas.

También se dispondrá alarmas de corriente.

El sistema central de alarma tendrá un canal de alarma por motor conectado a este sistema.

#### **8.3.5 Control del paso de la hélice.**

En la consola de maniobra del puente y en los alerones, se dispondrán palancas para control combinado de paso/velocidad de los ejes (RPM). En la Cabina de Control de



Máquinas se instalarán pulsadores para control del paso y un conmutador para seleccionar un nivel constante de RPM. Los controles incluirán indicadores de paso y alarmas de acuerdo con normas de fabricante.

También será posible control local de emergencia. En caso de emergencia se podrá realizar control local en cajas de distribución de aceite.

Los motores estarán protegidos contra sobrecarga por sobrepaso.



## 8.4 CONTROL DE LA PLANTA GENERADORA ELÉCTRICA.

### 8.4.1 Sistema de Control de Generadores

La planta generadora compuesta por:

Cuando la energía eléctrica necesaria es proporcionada por varios generadores, la instalación debe asegurar que en caso de parada o avería de uno de ellos, el suministro normal de electricidad se mantenga sin que ninguno de los generadores en funcionamiento lo haga con sobrecarga.

El sistema regulador de potencia (PMS) estará parcialmente integrado e interconectado al IACMS (Sistema Integrado de Control, Alarma y Monitorización) y tendrá una unidad independiente por cada generador. Estas unidades tendrán medios de comunicación no dependientes de otros sistemas.

Para los generadores se instalarán las siguientes alarmas:

- Alta temperatura de salida de agua de refrigeración de los cilindros.
- Bajo nivel de tanque de agua de refrigeración de cilindros.
- Baja presión del sistema de agua de refrigeración de cilindros.
- Alta temperatura de aceite lubricante.
- Condensaciones en el cárter.
- Bajo nivel del tanque de servicio diario de combustible.
- Alta y baja temperatura y viscosidad del combustible a la entrada.
- Baja presión de aire de arranque.
- Protección contra sobrevelocidad.

El sistema de automatización estará diseñado y configurado de forma que el fallo de un componente no resultará en pérdida de potencia en el sistema principal de distribución.

El sistema controlará:

- Generadores de Motores Auxiliares.
- Función de corte de corriente (black-out).
- Generadores de toma de fuerza (PTO's) de ejes.
- Conexión al exterior (sincronización (locking) para evitar acoplamiento en paralelo).
- Reserva de potencia para aparatos de gran consumo.

Funciones del sistema



Los generadores de Motores Auxiliares tendrán los siguientes modos de funcionamiento y funciones automáticas:

1. Arranque y parada manual
  - a. Localmente desde el motor.
  - b. Desde cuadro eléctrico principal.
  - c. Desde el teclado.
2. Sincronización y repartición de carga
  - a. manualmente desde el cuadro eléctrico principal.
  - b. sincronización automática y reparto de cargas cuando el control esté conectado al modo automático.
  - c. modo automático de carga desequilibrado.
  - d. arranque/parada según carga.
3. Control de frecuencia de generadores.
4. Control automático de prelubricación para equipos generadores.
5. Arranque automático y conexión a la red del generador de Motor Auxiliar de reserva en caso de fallo de alguno de los generadores en activo. El arranque de un auxiliar de reserva que sustituya al averiado debe realizarse antes de que los parámetros bajo control (presión, temperatura, etc) creen una situación crítica a la planta. Esto es aplicable en particular a las bombas de los siguientes circuitos:
  - a. Lubricación de MM.PP.
  - b. Refrigeración de cilindros, pistones y válvulas de combustible.
  - c. Refrigeración de cilindros MM.AA.
  - d. Alimentación de combustible a los motores.
  - e. Refrigeración centralizada.
  - f. Control hidráulico de embragues, hélice transversal, etc.
6. En caso de oscurecimiento, todo los generadores de Motores Auxiliares recibirán órdenes de funcionamiento y aquellos que estén en posición de reserva y en condiciones de funcionamiento se conectarán a la red.
7. Sistema de seguridad, parada automática de equipo generador en caso de:
  - a. Temperatura de agua de enfriamiento demasiado alta.
  - b. Presión de aceite lubricante demasiado baja.
  - c. Sobrevelocidad.
8. Monitorización de la carga de generadores de Motores Auxiliares y de tomas de fuerza (PTOs). 15:45
9. Reserva avanzada de potencia para aparatos de alto consumo.
10. Disparo automático (disparo preferencial).

Los tres (3) generadores de Motores Auxiliares estarán preparados para trabajar en paralelo.

Las tomas de fuerza (PTO's) podrán conectarse al propulsor de proa.





La planta eléctrica estará controlada y monitorizada mediante esquemas mímicos gráficos de Vídeo y teclados del Sistema de Control de Alarma y Monitorización (IACMS) en la Cabina de Control de Máquinaria y/o puente.

#### **8.4.2 Generador Diesel de Emergencia.**

El Generador Diesel de Emergencia arrancará automáticamente en caso de corte de corriente (oscurecimiento) en el cuadro eléctrico principal.

Antes de cerrar el interruptor automático del generador-diesel de emergencia en caso de oscurecimiento, el cuadro eléctrico de emergencia se desconectará automáticamente del cuadro eléctrico principal; después del arranque del generador diesel de emergencia, éste se conectará automáticamente al cuadro eléctrico de emergencia.

Al restaurarse el suministro normal de corriente al cuadro eléctrico de emergencia, se desconectará automáticamente el Generador Diesel de Emergencia, y el cuadro eléctrico de emergencia se reconectará automáticamente al cuadro eléctrico principal.

El Generador Diesel de Emergencia se parará automáticamente después de un periodo de tiempo. También se podrá arrancar y parar manualmente desde el cuadro de control del local de emergencia.



## 8.5 CONTROL DE LA PLANTA GENERADORA DE VAPOR

### 8.5.1 Caldera de mecheros.

Se dispondrá una mesa o cuadro de control local cerca de cada caldera de mecheros, de acuerdo con el suministro normal del fabricante de la caldera.

El sistema de control estará diseñado para funcionamiento continuo automático (excepto calentamiento y preparación) y conectado al Sistema Integrado de Control Alarma y Monitorización a los fines de transferencia de alarma.

Se dispondrá un control de nivel de agua alimentación con regulador magnético. El regulador controlará el arranque y parada de bomba de agua de alimentación en servicio.

El control de mecheros se podrá efectuar manual y automáticamente.

El nivel de agua del tanque de alimentación se controlará por válvulas de flotador, y un nivel bajo en el tanque transmitirá una alarma al sistema central de alarma y cerrará las bombas de alimentación.

En los siguientes casos existirá un sistema de seguridad para disparo de cierre de la caldera (se requerirá una operación manual para nuevo encendido cuando el fallo se corrija):

- Nivel de agua muy bajo.
- Baja presión de aire de combustión.
- Presión muy alta de vapor.
- Mechero abierto.
- Fallo de alarma.
- Temperatura alta del Fuel Oil.

Todas las condiciones anteriores se manifestarán mediante pilotos de alarma en la consola de la caldera, así como en el Sistema de Control de Alarma y Monitorización.

Se dispondrá un dispositivo de parada manual de emergencia en la Cabina de Control de Máquinas.

En Cabina de Control de Máquinas y en control local de calderas se instalarán los siguientes indicadores:

- Presión de vapor.
- Nivel de agua (sólo local).



- Luz indicadora “on” de bomba de alimentación.
- Luz indicadora “on” de caldera.

De acuerdo con normas del fabricante, se instalarán alarmas en la consola local y representadas en el Sistema Centralizado de Alarma y Monitorización.

La descaraga de vapor estará controlada por una válvula neumática con actuador y un controlador eléctrico que descargará el exceso de vapor en el condensador de control. Se instalará un piloto en la consola de la Cabina de Control de Máquinas para alertar al personal de guardia de la apertura de la válvula de descarga.

### 8.5.2 Calderetas de Gases de Escape.

El control de Calderetas de Gases de Escape se incluirá en la mesa de control local de calderas auxiliares o en una mesa o cuadro independiente, y estará provisto de indicadores de presión diferencial de agua circulante e indicadores de arranque/parada de bomba circulante. La alarma, que será según norma del fabricante, también se representará localmente y en el Sistema Integrado de Control de Alarma y Monitorización.



## 8.6 CONTROL DE EQUIPOS AUXILIARES Y SERVICIOS

### 8.6.1 Arranque automático de la bomba de reserva.

Este sistema arrancará automáticamente la unidad de reserva (parada) de un grupo de bombas instalado en paralelo siempre que baje la presión de descarga (excepto si se especificase de otra forma). Cuando surja esta situación saltará una alarma y/o cuando falle la corriente de control del arrancador de la bomba de reserva.

El sistema incluirá a todas las bombas de servicio continuo de unidades de reserva y en servicio.

Después de un corte de corriente, se realizará un re-arranque automático secuencial de las bombas mencionadas, así como del compresor y la caldera de servicio.

Este sistema estará integrado en el sistema integrado de control de Alarma y Monitorización.

### 8.6.2 Compresores de aire de arranque.

Los compresores de arranque principales estarán provistos de sistema automático de arranque y parada, incluido en el IACMS (Sistema Integral de Control de Alarma y Monitorización). También se dispondrá control local.

El compresor principal elegido arrancará a  $27 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el otro lo hará a  $25 \text{ kg/cm}^2$ . La parada de ambos compresores se realizará a  $30 \text{ kg/cm}^2$ .

En el sistema central de alarma se dispondrá una alarma de baja presión para el sistema de aire de arranque.

Los compresores de aire principal estarán provistos de sistema automático de parada en caso de baja presión de aceite lubricante y temperatura alta de aire a la salida del compresor.

### 8.6.3 Aparatos de gobierno.

Desde el cuadro eléctrico principal se alimentará una bomba de cada aparato de gobierno.

La transferencia entre unidades de fuerza se realizará localmente, manualmente, y a distancia desde el puente.

Los arrancadores de motor eléctrico de las unidades de bombeo se instalarán en el compartimento de aparato de gobierno, y provistos de pulsadores locales. Los motores eléctricos podrán accionarse con pulsadores instalados en Puente de Gobierno.



El funcionamiento sincrónico de los timones se realizará eléctricamente.

El control de los aparatos de gobierno desde el puente, de tipo eléctrico, permitirá los siguientes modos de manejo:

- Sistema de seguimiento por control manual (doble) desde el puente.
- Control manual (uno) sin seguimiento, desde los alerones del puente.
- Control automático desde el Puente mediante piloto automático.
- Control manual (uno) sin seguimiento, también desde Puente.
- Control directo manual mediante válvulas de unidades de bombeo y actuador.

Entre el puente y el compartimento del servomotor se instalarán dos circuitos de control eléctrico por cada aparato de gobierno.

Además, en caso de emergencia, desde el compartimento del servomotor se podrán accionar manualmente los aparatos de gobierno y desconectar los sistemas eléctricos de control remoto de Puente.

Las bombas eléctricas de los aparatos de gobierno estarán provistos de:

- Luces indicadoras de arranque/parada en Cabina de Control de Sala de Máquinas.
- Pulsadores arranque/parada en compartimento del servomotor, con sus correspondientes luces indicadoras.
- Cuadro de control en Puente con pulsadores de arranque y parada con indicación luminosa y las siguientes alarmas:

	Nº	Variable	Alarma
Alimentación eléctrica de la bomba del servomotor	2	-	Fallo
Alimentación eléctrica de control del servomotor	2	-	Fallo
Motor eléctrico del servomotor	2	-	Sobrecarga
Motor eléctrico servomotor	2	-	Una fase
			Fallo motor
Tanque de servicio del servomotor	2	Nivel	Bajo

Las alarmas del aparato de gobierno se mostrarán en el Sistema Integrado de Alarma Control y Monitorización.

También se dispondrá un arranque automático de la bomba principal de reserva en caso de fallo de voltaje de la que esté en servicio.



La bomba en servicio arrancará automáticamente después de reposición de suministro de potencia después del corte de corriente (black-out).

#### **8.6.4 Control remoto de arrancadores.**

Los arrancadores instalados en el cuadro principal, así como otros equipos principales como bombas, compresores y ventiladores tendrán control remoto (de arranque y parada) desde el Sistema Integral de Alarma, Control y Monitorización del buque. En las pantallas de vídeo (VDU) se ofrecerá información sobre el control de arrancadores.

Se dispondrán otras funciones como reserva, arranque automático, reposición por corte de corriente e intervalo de secuencia de arranque.

#### **8.6.5 Propulsores a proa.**

En el Puente de Gobierno, en la Cámara de Control de Máquinas y en los alerones del Puente, se dispondrá cuadros individuales de control para el propulsor de proa, con pulsadores arranque/parada, palancas de control e indicadores paso/empuje.

#### **8.6.6 Purificadoras**

Las purificadoras de Fuel-Oíl, Diesel-Oíl y aceite lubricante estarán provistas con automatización programada de arranque controlada desde un cuadro local de control, y de un sistema automático de lodos (desludging).

#### **8.6.7 Planta de aire acondicionado**

En la Cabina de Control de Máquinas y en el Puente de Gobierno se dispondrá un sistema independiente de control remoto para Aire Acondicionado. Este sistema estará conectado al IACMS (Sistema Integral de Alarma, Control y Monitorización).

#### **8.6.8 Separadora de agua de sentinas.**

La separadora de aguas de sentinas estará equipada con un sistema local de monitorización automática para supervisión de la pureza del agua de sentina a continuación de la separadora. Para ver más detalles de la misma véase punto 9.4 del cuadernillo 8.

#### **8.6.9 Control de viscosidad.**

Se dispondrá un control de viscosidad de Fuel y Diesel Oíl de los generadores auxiliares.



### 8.6.10 Control remoto de ventiladores.

Los ventiladores de la Sala de Máquinas, espacios de carga y otros ventiladores principales de otros espacios del casco estarán controlados por el IACMS.

Función de control ..... Espacios de Máquinas.

Cabina de Control de Máquinas..... Espacios de carga y otros espacios del casco.

Puente y Oficina de Control de Carga..... Espacios de carga y otros espacios del casco.



## 9 SISTEMA DE VAPOR Y CONDENSADO

### 9.1 INTRODUCCIÓN.

Se describe en este apartado el servicio destinado a la generación y distribución de vapor a todos los consumidores del buque que así lo requieran.

Los parámetros básicos a considerar en una instalación auxiliar de vapor de agua son los siguientes:

- Tipo de vapor a usar.
- Condiciones ambientales y exteriores.
- Consumidores de vapor
  - o Necesidades térmicas de cada consumidor.

#### 9.1.1 Tipo de vapor a usar

El tipo de vapor a usar es decisión del proyectista y constituye la fuente energética. Suele utilizarse vapor saturado seco de baja o media presión. Tiene poco sentido utilizar vapor sobrecalentado.

Banda de presión de vapor saturado seco (0,2 a 200 Kp)

- Vapor saturado seco de baja presión (3 a 4 Kp)
- Vapor saturado seco de alta presión (7 a 9 Kp)

Utilizar como fuente energética vapor saturado seco de baja presión tiene como ventaja que la instalación será más barata dado que exigirá un menor espesor de tuberías y una valvulería menos robusta, y además la temperatura de saturación es más baja y por tanto el gasto operativo será menor. Por otro lado tiene el inconveniente de que se puede dar la posibilidad de filtración a través de los serpentines del producto a calentar dentro de circuito de vapor como consecuencia de que la presión impuesta por la columna hidrostática sea mayor que la del circuito calefactado. Si es sistema de calefacción es para agua de lastre este ultimo inconveniente no es tal, ya que no pasara nada y por tanto se recomienda utilizar este vapor. En los demás casos es mejor utilizar vapor saturado seco de alta presión para evitar filtraciones dado que ello produciría graves problemas tanto el caldera como en motor según sea el caso.

Es importante indicar que una filtración de vapor a través de los serpentines al producto calefactado no supone ningún problema, o aun suponiéndolo sus consecuencias negativas son mucho menores que el caso contrario, ya que él mismo ya tiene contenido en agua. Este punto respalda aun más la elección de utilizar vapor



satura seco de alta presión. Otra razón más es que dará lugar a un gradiente térmico mayor por ser mayor la temperatura de saturación.

El vapor saturado seco se consigue utilizando la entalpía de los gases de escape del motor principal, para ello se utiliza una caldera mixta de gases de exhaustación o una caldera de gases de exhaustación directamente acoplada al motor principal o a una cierta distancia del mismo. Otro modo para generar vapor saturado seco es con caldera auxiliar.

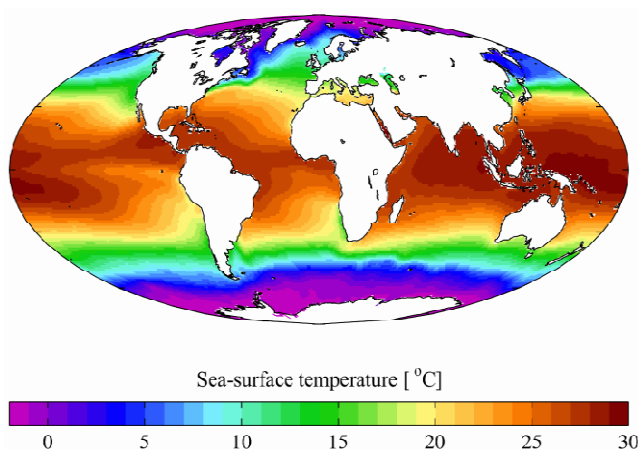
Lo más normal es que si el buque no necesita caldera auxiliar, lleve solo una caldera mixta de gases de exhaustación y si necesita una caldera/s auxiliar/es tendrá además una caldera de gases de exhaustación.

### 9.1.2 Condiciones ambientales y exteriores.

Se tomará la temperatura media exterior,  $T_{\text{mext}}$ , que constituye el foco frío. Si esta fuera mayor solo habría que quitar caudal.

En el caso que nos incumbe, habrá que considerar tanto la temperatura media exterior del agua como la del aire, dado que el buque exteriormente tiene dos medios.

Temperaturas medias y extremas del océano, el aire y la tierra.			
	$T_{\text{media}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{máx}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{mín}} [^{\circ}\text{C}]$
Todo el océano	3,5	32	-2
Superficie del océano	17,5	32	-2
Fondo oceánico	2	4	1
Aire sobre superficie oceánica	15,5	50	-30
Aire sobre superficie continental	14,5	60	-90
Superficie del planeta	15	60	-90



Temperatura media anual de la superficie del mar (grados Celsius). Año 2008



Dado que no sabemos dónde va operar el buque, seguiremos las siguientes recomendaciones:

- Para la temperatura media del agua,  $T_{mw}$ , se recomienda 0 °C y en todo caso, nunca mayor de 5 °C.
- Para la temperatura del aire se aconseja no menos de -5 °C y a lo mucho -7 °C.
- Temperatura bodega de tanque vacío 5°C.

### 9.1.3 Consumidores de vapor

Los consumidores de vapor del buque serán:

- Tanques almacén de Fuel Oil.
- Tanque de sedimentación de HFO.
- Tanques de servicio diario de HFO.
- Tanque de rebose de combustible V005.
- Tanque de lodos de Fuel Oil V003.
- Tanque de lodos de aceite V004.
- Tanque de aguas aceitosas V006.
- Tanque de aceite sucio L001.
- Tanque buffer, regulador o de mezclas.
- Tanque de retorno de aceite, L03P, L03S.
- Calentador de agua dulce sanitaria.
- Precalentadores de agua dulce de cilindros de Motores Principales.
- Precalentadores de agua dulce de cilindros de Motores Auxiliares.
- Calentadores de aire acondicionado.
- Calentadores de combustible de MM.PP.
- Calentadores de combustible de MM.AA.
- Generadores de agua dulce.
- Calentadores de depuradoras de aceite.
- Calentadores de depuradoras de HFO.
- Calentadores de depuradora de DO.
- Colector de retornos de MM.PP.
- Separador de aguas aceitosas.
- Tomas de mar.
- Calentador de lodos de incinerador.

Aparte de los anteriormente mencionados, existen otros consumidores de vapor cuyo consumo estará englobado dentro del margen final que consideramos al realizar el balance de vapor necesario.

Dichos consumidores de vapor los agrupamos en tres grupos:

- Calefacción de tanques de combustible y otros tanques.
- Calentadores de los servicios de la propulsión principal.

- Calentadores de servicios diversos.

A la hora de calcular las necesidades de calor de los distintos consumidores se tendrá en cuenta que, por una parte, éste se empleará en elevar la temperatura del fluido, y por otro lado, en compensar las pérdidas producidas por radiación.

Hay que intentar proyectar la instalación de tal modo que se pueda conseguir cubrir las necesidades de vapor en navegación únicamente con los gases de escape de los motores principales, para ello es necesario tiempos largos de calefacción. En este caso tendremos una caldera mixta para atender las necesidades de vapor en puerto.

### 9.1.4 Necesidades térmicas o cantidad de energía que necesita cada uno de los consumidores

Depende del régimen de trabajo de cada elemento.

Los tanques se calefactan mediante unos serpentines en su fondo por los que circula vapor, con el fin de mantener el fluido correspondiente con la fluidez adecuada en cada caso. Para ello, es necesario calcular las necesidades de vapor en cada consumidor siendo necesario tener en cuenta que el vapor tendrá que elevar la temperatura y además compensar las pérdidas de calor a través de las paredes del tanque a calefactar, es decir, la necesidad de vapor se calcularía como:

$$q = q_1 + q_2$$

donde

- $q_1$  es el aporte energético necesario para levantar la temperatura (Kcal/h)

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot c_e \cdot \Delta T}{\tau}$$

siendo:

- $V$ : capacidad del tanque en  $m^3$
- $\rho$ : densidad del fluido a calentar en  $kg/m^3$
- $c_e$ : calor específico del fluido a calentar en  $kcal/kg^\circ C$
- $\Delta T = t_f - t_i$ : incremento de temperatura del fluido a calentar en  $^\circ C$
- $t_i$ : temperatura a la que entra el fluido en el tanque en  $^\circ C$
- $t_f$ : temperatura a la que sale el fluido del tanque en  $^\circ C$
- $\tau$ : tiempo de calefacción en horas.
- $q_v$ : cantidad de vapor necesaria en  $kg_v/h$
- $r$ : calor de vaporización ( $500 kcal/kg$ )

- $q_2$  es el aporte energético necesario para compensar las pérdidas a través de lo cerramientos (Kcal/h)

$$q_2 = \sum K_i \cdot S_i \cdot (T_m - T_{ext,i})$$

siendo:

- $K_i$ : coeficiente de transferencia total, en kcal/h·m<sup>2</sup>·°C
- $S_i$ : superficie de transmisión, en m<sup>2</sup>
- $T_m$ : temperatura media en el tanque, en °C  $\left(T_m = \frac{T_f - T_i}{2}\right)$
- $T_{ext}$ : temperatura al otro lado de la superficie de encerramiento, en °C

El vapor necesario para cubrir las necesidades térmicas indicadas viene dado por la siguiente expresión:

$$Mv = \frac{q}{h_{fg}} = \frac{q}{r}$$

siendo

- $Mv$  es la masa de vapor saturado seco a 7kgf/cm<sup>2</sup> necesaria dada en kg/h
- $h_{fg} = r$  es la entalpía o calor de vaporización del vapor a 7kgf/cm<sup>2</sup> dada en Kcal/kg

Calculada la masa de vapor de necesaria para cada consumidor y utilizando los adecuados coeficientes de simultaneidad podremos saber las necesidades de vapor y con ello si es necesario o no instalar una caldera auxiliar.

### 9.1.5 Diámetro y longitud de los serpentines

En este documento no se va a llevar a cabo el cálculo de la longitud y diámetro de de los serpentines. A continuación se da una breve explicación de cómo se haría.

Una vez calculado las necesidades energéticas en cada tanque según sus requerimientos, se puede calcular el diámetro y **la longitud de los serpentines que conducen el fluido vapor**. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S_{int} = \frac{q}{k \cdot (t_{int} - t_{ext})} \quad ^4$$

<sup>4</sup> Para la obtención de esta fórmula se ha supuesto que solo hay convección interior. Esta simplificación es cierta en la medida que el fluido a calefactor este estático y el espesor del tubo sea pequeño, la primera consideración da lugar a



siendo

- $S_{int}$  la superficie interior de transferencia del tubo en  $m^2$

$$S_{int} = 2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot l_{serpentín}$$

- $k$  el coeficiente global de transmisión de calor dado en  $Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ . Los valores remendados son:

Interior (fluido calefactor)	Exterior (fluido calefactado)	K ( $Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ )
Vapor	Fuel	100
	o	
	Aceite	
	o	
	Crudo	
Vapor	Agua	

- $t_{int}$  la temperatura del fluido caliente, es decir, la temperatura de vaporización a la presión de vapor de  $7kgf/cm^2$
- $t_{ext}$  la temperatura del fluido a calentar, fluido frio. Dado que esta temperatura varía durante el proceso de calefacción, se tomara un valor práctico que es la temperatura media,  $t_m$ :

$$t_m = \frac{t_i + t_f}{2}$$

Antes de calcular la longitud del serpentín,  $l_{serpentín}$ , se ha de comprobar que la velocidad de vapor saturado seco,  $v_{vapor}$ , está dentro del margen práctico de 20 a 30 m/s, siendo obtenida la velocidad como:

$$v_{vapor} = \frac{Q_v(m^3/s)}{A_{int}(m^2)}$$

donde

---

convección nula en el exterior del tubo y la segunda consideración anula la conducción a través de la pared del tubo. En el caso en estudio los valores que de esta simplificación se obtienen se ajustan a la realidad.



- $A_{int}$  es el área de paso de vapor dada por

$$A_{int} = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4}$$

siendo

$D_{int}$  el diámetro interior teórico del tubo

- $Q_v$  es el caudal volumétrico de vapor ( $m^3/s$ ) que obtenemos con

$$Q_v = \frac{M_v(kg/h)}{3600(s/h)} \cdot v_g(m^3/kg)$$

siendo

$v_g$  el volumen específico del vapor saturado seco a  $7kgf/cm^2$

Obtenido el margen teórico de diámetros que nos da el margen de velocidades prácticas procederemos a calcular la longitud de serpentín eligiendo previamente un diámetro comercial de tubo que se encuentre dentro del indicado margen teórico, luego:

$$l_{serpentín} = \frac{S_{trans}}{2 \cdot \pi \cdot r_{int}} = \frac{S_{trans}}{\pi \cdot D_{com}} (m)$$

siendo

- $D_{com}$  el diámetro interior del tubo comercial elegido en m.

## 9.2 DATOS INICIALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS.

### 9.2.1 Coeficientes de transferencia de calor, K.

SUPERFICIE LÍMITE	K (kcal/m <sup>2</sup> ·°C·h)
Fondo plano y parte inferior del pantoque	7
Zona superior del pantoque y costado bajo la flotación	15
Costado sobre la flotación (mojado)	12
Costado sobre la flotación (seco)	4
Cubierta mojada todo el tiempo	5,5
Cubierta seca todo el tiempo	4,5
Mamparo con espacio vacío o cámara de máquinas	4,5
Mamparo con tanque frío o bodega de carga	7
Cubierta inferior con espacio vacío o C.M. o Tanque / bodega frío	4,5
Cubierta superior con espacio vacío o C.M. o Tanque / bodega frío	5,5
Mamparo recubierto de aislamiento térmico	1

### 9.2.2 Densidad y calor específico de los fluidos a calentar.

FLUIDO	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico, Ce (kcal/kg·°C)
Fuel Oil	944,3	0,44
Diesel Oil	840	0,5
Aire	1,15	0,24
Agua dulce	1000	1
Aceite	920	0,47
Agua de mar	1025	0,96
Aguas aceitosas	920	0,5
Lodos	900	0,6

### 9.2.3 Temperatura del medio exterior y temperaturas de espacios adyacentes a tanques calientes.

MEDIO EXTERIOR	Text (°C)
Agua de mar	0
Aire ambiente	5
Espacio vacío o similar	10
Tanque con contenido frío o bodega de carga	15
Cámara de Máquinas	20
Habitación	20
Tanque de lastre	25



## 9.3 CÁLCULO DE NECESIDADES DE VAPOR.

### 9.3.1 Necesidades de vapor y dimensionamiento de serpentines de tanques.

#### 9.3.1.1 Tanques almacén de Fuel Oil.

##### Necesidades de vapor.

La temperatura inicial en los Tanques Almacén la consideramos como la mitad de la de suministro del HFO. La temperatura de suministro será tal que permita bombear el combustible, para el HFO (600) la temperatura por debajo de la cual se hace prácticamente imposible el bombeo es 41 °C. Supondremos que por tanto el combustible será suministrado al barco a 45 °C. Tomaremos 48 horas de tiempo de calefacción.

Teniendo en cuenta lo indicado y aplicando el procedimiento de cálculo indicado en la introducción tenemos que:

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible de tanques almacén, q1T				
Capacidad de Tanque Almacén de HFO (t)				915
Calor específico del HFO, Ce (kcal/Kg.°C)				0,44
Temperatura de suministro (°C)				45
ti (°C)				22,5
tf (°C)				45
Tiempo de calefacción, t (h)				48
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)				188670

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacén FO1C, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Tanques FO1_DF	0	61	34	34	0
Tapa	Garaje sobre cubierta principal, G2	5	61	34	10	7244
Mamparo de popa	TA_DO y Tsed	4,5	103	34	39	-2324
Mamparo de proa	Garaje inferior, G1	5	103	34	10	12268
Mamparo de babor	Tanque de lastre, WB_1B	7	19	34	5	3779
Mamparo de estribor	Tanque de lastre, WB_1E	7	19	34	5	3779
Total (kcal/h)						24746





Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F01_DFB, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	WB1_DFB	7	67	34	5	13566
Tapa	G1 y T01C	5	67	34	22	3960
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	9	34	10	915
Mamparo de proa	F02_DFB	0	9	34	34	0
Mamparo de babor	WB1_PB	7	20	34	5	4057
Mamparo de estribor	F01_DFC	0	20	34	34	0
Total (kcal/h)						22499

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F01_DFC, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	WB1_DFC	7	67	34	5	13566
Tapa	G1 y T01C	5	67	34	22	3960
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	9	34	10	915
Mamparo de proa	F02_DFC	0	9	34	34	0
Mamparo de babor	F01_DFB	0	20	34	34	0
Mamparo de estribor	F01_DFE	0	20	34	34	0
Total (kcal/h)						18441

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F01_DFE, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	WB1_DFE	7	67	34	5	13566
Tapa	G1 y T01C	5	67	34	22	3960
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	9	34	10	915
Mamparo de proa	F02_DFE	0	9	34	34	0
Mamparo de babor	F01_DFC	0	20	34	34	0
Mamparo de estribor	WB1_PE	7	20	34	5	4057
Total (kcal/h)						22499

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F02_DFB, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Tanque antiescora B	7	75	34	5	15074
Tapa	G1	5	75	34	22	4400
Mamparo de popa	F01_DFB	0	9	34	34	0
Mamparo de proa	WB3_DFB	7	9	34	5	1723
Mamparo de babor	WB2_PB	7	22	34	5	4508
Mamparo de estribor	F02_DFC	0	22	34	34	0
Total (kcal/h)						25705

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F02_DFC, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	WB2_DFC	7	75	34	5	15074
Tapa	G1	5	75	34	22	4400
Mamparo de popa	F01_DFC	0	9	34	34	0
Mamparo de proa	WB3_DFC	7	9	34	5	1723
Mamparo de babor	F02_DFB	0	22	34	34	0
Mamparo de estribor	F02_DFE	0	22	34	34	0
Total (kcal/h)						21197

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en el Tanque Almacen F02_DFE, q2						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Tanque antiescora E	7	75	34	5	15074
Tapa	G1	5	75	34	22	4400
Mamparo de popa	F01_DFE	4,5	9	34	10	915
Mamparo de proa	WB3_DFE	0	9	34	34	0
Mamparo de babor	F02_DFC	7	22	34	5	4508
Mamparo de estribor	WB2_PE	0	22	34	34	0
Total (kcal/h)						24897

Total necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en Tanques Almacén,  $q_2$ (kcal/h)

159983

Necesidades de vapor para la calefacción del Tanque Almacén FO1C			
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>			
$q=q_1T+q_2T$ (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		Masa vapor, Mv (kg/h)
348653	2068,57 kJ/kg	494kcal/kg	1008

### 9.3.1.2 Tanque de sedimentación de Fuel Oil, T<sub>sed</sub>.

En el tanque de sedimentación, T<sub>sed</sub>, el combustible deberá estar a una temperatura de 70°C, de modo que se favorezca la sedimentación. Luego, se levantará la temperatura del combustible desde 45 °C hasta 70°C en 12 horas. Hemos calculado además las pérdidas que se producen en el tanque por radiación.

Teniendo en cuenta lo indicado y aplicando el procedimiento de cálculo indicado en la introducción tenemos que:

#### Necesidades de vapor.

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible en T <sub>sed</sub> , $q_1$			
Capacidad del Tanque de sedimentación de HFO (t)			61
Calor específico del HFO, $C_e$ (kcal/Kg·°C)			0,44
$t_i$ (°C)			45
$t_f$ (°C)			70
Tiempo de calefacción, $\tau$ (h)			12
Calor para levantar temperatura, $q_1$ (kcal/h)			56201

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos en T <sub>sed</sub> , $q_2$ (kcal/h)							
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	$t_m$ (°C)	$t_{ext}$ (°C)	Pérdidas (kcal/h)	
Fondo	Espacio Vacío	4,5	13,70	58	10	2928	
Tapa	TA_DO	4,5	13,70	58	15	2620	
Mamparo de popa	TA_DO	4,5	6,36	58	15	1217	
Mamparo de proa	FO1C	4,5	6,36	58	34	680	
Mamparo de babor	TA_DO	4,5	67,54	58	15	12916	
Mamparo de estribor	TA_DO	4,5	67,54	58	15	12916	
Total (kcal/h)						33278	

Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de sedimentación en, T <sub>sed</sub>				
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>				
$q=q_1+q_2$ (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		$\eta$	Masa vapor, Mv (kg/h)
89478	2068,57 kJ/kg	494kcal/kg	0,7	259

### 9.3.1.3 Tanques de Servicio Diario de Fuel Oil, F03P y F03S.

#### Necesidades de vapor

La **temperatura a la que entra** el HFO en los Tanques de Servicio Diario es igual que la que tiene a la salida de la purificadora. Esta temperatura figura en las



especificaciones de la purificadora elegida. Según estas especificaciones esta temperatura es de **98°C**.

La temperatura que es necesario tener en la salida de un TSD depende de la temperatura de inyección del combustible utilizado, ya que en el calentador de combustible el incremento de temperatura práctico suele ser de 30 °C como mucho, valores mayores implicarían tener un calentador de unas dimensiones injustificadas. Hemos considerado 25 °C. El dato de rango de temperaturas adecuadas para la inyección lo obtenemos del diagrama Viscosidad-Temperatura. Según este diagrama para un Motor Semirapido (720 r.p.m) y un BFO (600) tenemos que el rango de temperaturas de inyección es de 150 °C a 161°C. Por ser conservadores, hemos elegido una temperatura de inyección de 156°C.

Luego, **la temperatura a la salida de los TSD** es de  $156^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 131^{\circ}\text{C}$ .

Dado que hemos supuesto un tiempo de servicio para la purificadora de 12 horas, el tiempo de calefacción en los TSD será de 12 h.

Teniendo en cuenta lo indicado y aplicando el procedimiento de cálculo indicado en la introducción tenemos que:

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible en TSD_FO ,q1				
Capacidad del Tanque de Servicio Diario de HFO (t)				25
Calor específico del HFO,Ce (kcal/Kg.°C)				0,44
ti (°C)				98
tf (°C)				131
Tiempo de calefacción,τ (h)				12
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)				30601

TSD_FOB. Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h. m <sup>2</sup> .°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Camara de Máquinas	4,5	23,59	115	20	10033
Tapa	G1	5	23,59	115	10	12328
Mamparo de popa	TSD_DOB	4,5	2,94	115	15	1315
Mamparo de proa	TA_DO	4,5	2,94	115	15	1315
Mamparo de babor	Camara de Máquinas	4,5	11,55	115	20	4910
Mamparo de estribor	TSD2	0	11,55	115	115	0
Total (kcal/h)						29901

TSD_FOE. Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h. m <sup>2</sup> .°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Camara de Máquinas	4,5	23,59	115	20	10033
Tapa	G1	5	23,59	115	10	12328
Mamparo de popa	TSD_DOE	4,5	2,94	115	15	1315
Mamparo de proa	TA_DO	4,5	2,94	115	15	1315
Mamparo de babor	TSD1	0	11,55	115	115	0
Mamparo de estribor	Camara de Máquinas	4,5	11,55	115	20	4910
Total (kcal/h)						29901

Total necesidades de vapor para compensar las pérdidas de vapor en T. Servicio Diario, TSD\_FO. q2T(kcal/h) 59803



Necesidades de vapor para la calefacción del TSD_FO				
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
90404	2068,57 kJ/kg	494kcal/kg	0,7	261

### 9.3.1.4 Tanque de reboses y derrames de combustible V005

Dado que periódicamente descarga al tanque de sedimentación, la calefacción del tanque de reboses y derrames ha de ser capaz de elevar la temperatura del combustible hasta la que este tiene a la entrada del tanque de sedimentación (45 °C). En este caso el tiempo de calefacción es de 2 horas.

Dada su ubicación la temperatura inicial es de 20 °C.

Teniendo en cuenta lo indicado y aplicando el procedimiento de cálculo indicado en la introducción tenemos que:

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible en el tanque V005, q1 (kcal/h)				
Capacidad del Tanque de reboses y derrames de combustible (t)				9
Calor específico del HFO, Ce (kcal/Kg.°C)				0,44
ti (°C)				20
tf (°C)				45
Tiempo de calefacción, τ (h)				2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)				49668

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos en el tanque V005, q2 (kcal/h)						
Superficie Limite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Espacio vacío	4,5	13,19	33	10	1335
Tapa	Camara de Máquinas	4,5	13,19	33	20	742
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	3,25	33	10	329
Mamparo de proa	Tanque de aguas aceitosas	4,5	3,25	33	15	256
Mamparo de babor	Espacio vacío	4,5	2,22	33	10	225
Mamparo de estribor	REB. Y DERR. DE ACEITE	4,5	2,22	33	18	145
Total (kcal/h)						3032

Necesidades de vapor para la calefacción				
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
52701	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	152

### 9.3.1.5 Tanque de lodos V003 y V004

Consideraremos que los calentadores de vapor deben elevar la temperatura desde 20°C hasta 50 °C en un tiempo de 2 horas. Calculamos además las pérdidas de calor que se producen en el tanque por radiación.

#### Tanque de lodos V003:

V003:Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible,q1			
Capacidad del tanque de lodos (t)			1
Calor específico del HFO,Ce (kcal/Kg.°C)			0,5
ti (°C)			20
tf (°C)			50
Tiempo de calefacción,τ (h)			2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)			9652

V003:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m²·°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Camara de Máquinas	5	1,25	35	20	94
Tapa	Camara de Máquinas	4	1,25	35	20	75
Mamparo de popa	Camara de Máquinas	5	1,03	35	20	77
Mamparo de proa	Camara de Máquinas	5	1,03	35	20	77
Mamparo de babor	Camara de Máquinas	5	1,29	35	20	97
Mamparo de estribor	TL_E	4,5	1,29	35	35	0
					Total (kcal/h)	420

V003:Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de lodos			
		Vapor saturado seco, 7kp/cm²	
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg	η	Masa vapor, Mv (kg/h)
10072	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7
			29

#### Tanque de lodos V004:

V004:Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible,q1			
Capacidad del tanque de lodos (t)			1,29
Calor específico del HFO,Ce (kcal/Kg.°C)			0,5
ti (°C)			20
tf (°C)			50
Tiempo de calefacción,τ (h)			2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)			9675

V004:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m²·°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Camara de Máquinas	5	1,25	35	20	94
Tapa	Camara de Máquinas	4	1,25	35	20	75
Mamparo de popa	Camara de Máquinas	5	1,03	35	20	77
Mamparo de proa	Camara de Máquinas	5	1,03	35	20	77
Mamparo de babor	TL_B	4,5	1,29	35	35	0
Mamparo de estribor	Camara de Máquinas	5	1,29	35	20	97
					Total (kcal/h)	420



V004:Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de lodos				
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
10095	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	29

### 9.3.1.6 Tanques de retorno de aceite LO3P, LO3S.

Siguiendo indicaciones del fabricante del motor que figuran al respecto, en los tanques de retorno, el aceite lubricante ha de estar a una temperatura de 65 °C, por lo que es necesario realizar los cálculos de calor necesario para elevar la temperatura del aceite desde los 20°C hasta los 65°C en dos horas aproximadamente y las pérdidas que se producen en los mismos por radiación.

#### Tanque LO3P:

LO3P:Necesidades de vapor para levantar la temperatura del aceite,q1			
Capacidad del tanque de retornos de aceite (t)			8,40
Calor específico del aceite,Ce (kcal/Kg.°C)			0,47
ti (°C)			20
tf (°C)			65
Tiempo de calefacción,τ (h)			2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)			88826

LO3P:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)							
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h. m <sup>2</sup> .°C)	S(m <sup>2</sup> )	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)	
Fondo	Espacio vacío	4,5	20,80	43	10	3042	
Tapa	Camara de Máquinas	4,5	20,80	43	20	2106	
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	1,30	43	10	190	
Mamparo de proa	Espacio vacío	4,5	1,30	43	10	190	
Mamparo de babor	Espacio vacío	4,5	4,00	43	10	585	
Mamparo de estribor	Espacio vacío	4,5	4,00	43	10	585	
Total (kcal/h)						6698	

LO3P:Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de retorno de aceite LO3P				
Vapor saturado seco, 7kp/cm <sup>2</sup>				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
95524	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	276

#### Tanque LO4P:

LO3S:Necesidades de vapor para levantar la temperatura del aceite,q1			
Capacidad del tanque de retornos de aceite (t)			9,05
Calor específico del aceite,Ce (kcal/Kg.°C)			0,47
ti (°C)			20
tf (°C)			65
Tiempo de calefacción,τ (h)			2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)			95733



L03S:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)							
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m²·°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)	
Fondo	Espacio vacío	4,5	20,80	43	10	3042	
Tapa	Camara de Máquinas	4,5	20,80	43	20	2106	
Mamparo de popa	Espacio vacío	4,5	1,30	43	10	190	
Mamparo de proa	Espacio vacío	4,5	1,30	43	10	190	
Mamparo de babor	Espacio vacío	4,5	4,00	43	10	585	
Mamparo de estribor	Espacio vacío	4,5	4,00	43	10	585	
Total (kcal/h)						6698	

Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de retorno de aceite L03S				
Vapor saturado seco, 7kp/cm²				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
102432	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	296

### 9.3.1.7 Tanque de aguas aceitosas V006.

Es necesario elevar la temperatura del fluido en este tanque desde los 20°C hasta los 60 °C en un tiempo de 4 horas. Además calculamos las pérdidas en el tanque por radiación.

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del tanque de aguas aceitosas,V006. q1				
Capacidad del tanque de aguas aceitosas V006 (t)				14
Calor específico del aceite,Ce (kcal/Kg.°C)				0,50
ti (°C)				20
tf (°C)				60
Tiempo de calefacción,τ (h)				4
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)				67942

V006:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)							
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m²·°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)	
Fondo	Espacio vacío	7	12,96	40	10	2722	
Tapa	Camara de Máquinas	4,5	12,96	40	20	1166	
Mamparo de popa	Cofferdam	7	4,32	40	10	907	
Mamparo de proa	Cofferdam	7	4,32	40	10	907	
Mamparo de babor	Cofferdam	7	4,32	40	10	907	
Mamparo de estribor	Cofferdam	7	4,32	40	10	907	
Total (kcal/h)						7517	

Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de aguas aceitosas V006				
Vapor saturado seco, 7kp/cm²				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
75459	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	218

### 9.3.1.8 Tanque de aceite sucio L001.

Es necesario calcular el calor necesario para aumentar la temperatura del fluido desde 20°C hasta 65°C en 2 horas, y las pérdidas que se producen en interior del tanque por radiación.

Necesidades de vapor:

LOO1:Necesidades de vapor para levantar la temperatura del aceite,q1			
Capacidad del tanque de aceite sucio L001 (t)			6,92
Calor específico del aceite,Ce (kcal/Kg.°C)			0,47
ti (°C)			20
tf (°C)			65
Tiempo de calefacción,T (h)			2
Calor para levantar temperatura, q1 (kcal/h)			73162

LOO1:Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)							
Superficie Limite	Superficie Adyacente	K(kcal/h. m².°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)	
Fondo	Espacio vacío	7	6,60	43	10	1502	
Tapa	Cámara de Máquinas	4,5	6,60	43	20	668	
Mamparo de popa	L002	4,5	3,60	43	35	122	
Mamparo de proa	Cofferdam	7	3,60	43	10	819	
Mamparo de babor	Cofferdam	7	2,64	43	10	601	
Mamparo de estribor	Cofferdam	7	2,64	43	10	601	
Total (kcal/h)						4311	

Necesidades de vapor para la calefacción del tanque de aceite sucio L001				
Vapor saturado seco, 7kp/cm²				
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
77474	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	224

### 9.3.1.9 Colector de retornos o tanque de mezclas de los Motores Principales.

Como ya se ha indicado, las bombas de suministro mandan al Motor Principal combustible en una cantidad varias veces superior al consumo de este evitando así un descebe. La porción de combustible no inyectada en el motor retorna al Colector de retornos donde se mezcla con el combustible procedente del Tanque de Servicio Diario y vuelve a ser tomado por la aspiración de la bomba de suministro del motor ( $H_1=H_2+H_3$ ).

El colector de retornos puede ser atmosférico o presurizado (2 kp/cm² – 2,5 kp/cm²) y estará aislado térmicamente.



### Dimensionamiento de un Colector de Retornos.

Su capacidad suele ser tal que el Motor Principal pueda funcionar durante 20 minutos al 100% del MCR.

Capacidad de colector de retornos del Sistema de M.M.P.P			
Autonomía que tiene que dar (min)			20
Autonomía que tiene que dar (h)			0,33
Potencia Motor Principal (kW)			5800
Nº de motores a atender por el colector			1
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)			173
Capacidad del colector (kg)			334
$\rho_{media}$ (kg/m³)			944
Capacidad del colector de retornos (m³)			0,35
Margen de hierros (%)			5
Volumen del colector de retornos (m³)			0,37

Luego se instalarán dos colectores de retorno de las características indicadas, uno para cada una de las unidades de suministro de combustible que alimentarán a su vez a cada Motor Principal.

### Necesidad de vapor para el Colector de Retornos.

En el colector de retornos solo se aportará vapor en el arranque del motor y durante 2 horas (tiempo de calefacción). El aporte de vapor será tal que el combustible alcance la temperatura de salida del Tanque de Servicio Diario. Una vez que el sistema se encuentre en régimen a la temperatura de salida del TSD se cortará el aporte de vapor y se comenzará a inyectar combustible en el M.M.P.P.

Dado que el tanque está ubicado en la cámara de máquinas, podemos suponer que la temperatura inicial tras una estancia en puerto sea la temperatura media en cámara de máquinas, es decir 20 °C.

Necesidades de vapor para levantar la temperatura del combustible, q1			
Capacidad del Colector de Retornos de HFO (t)			0,33
Nº de Colectores de Retorno instalados			2,00
Calor específico del HFO, $C_e$ (kcal/Kg·°C)			0,44
$t_i$ (°C)			20,00
$t_f$ (°C)			131,00
Tiempo de calefacción, $\tau$ (h)			2,00
Calor para levantar temperatura, $q_1$ (kcal/h)			16335



Buque CON-RO/RO

Proyecto nº10 2008-2009

Cuaderno 7: Planta propulsora y cámara de máquinas

Necesidades de vapor para compensar las pérdidas a través de los cerramientos, q2 (kcal/h)						
Superficie Límite	Superficie Adyacente	K(kcal/h·m²·°C)	S(m²)	tm (°C)	text (°C)	Perdidas (kcal/h)
Fondo	Camara de Máquinas	4,5	0,37	76	20	93
Tapa	Camara de Máquinas	4,5	0,37	76	20	93
Mamparo de popa	Camara de Máquinas	4,5	0,37	76	20	93
Mamparo de proa	Camara de Máquinas	4,5	0,37	76	20	93
Mamparo de babor	Camara de Máquinas	4,5	1,00	76	20	250
Mamparo de estribor	Camara de Máquinas	4,5	1,00	76	20	250
					Total 1 Col.Reto(kcal/h)	871
					TOTAL 2 Col.Reto (kcal/h)	1742

Necesidades de vapor para la calefacción de colector de retornos				
		Vapor saturado seco, 7kp/cm²		
q=q1+q2 (kcal/h)	Entalpía del vapor, hg		η	Masa vapor, Mv (kg/h)
18077	2068,57 kJ/kg	494 kcal/kg	0,7	52



## 9.3.2 Necesidades de vapor de los Calentadores de los servicios de la Propulsión Principal.

### 9.3.2.1 Calentadores de combustible de los Motores Principales.

El calentador de combustible, hace subir la temperatura del combustible pesado entre la bomba de alimentación de combustible y las inyectoras para llevarlo a la viscosidad (temperatura) requerida para la inyección, siendo esta dada en los datos técnicos del motor. Para un IFO 380 la temperatura que da un valor adecuado de viscosidad es 135°C (14cSt).

Cada una de las dos unidades de suministro de combustible de los Motores Principales dispone de dos calentadores, estando uno en reserva, y diseñados para mantener la viscosidad indicada.

Para calcular el flujo de calor necesario, en cada uno de los dos calentadores de cada unidad de suministro, hacemos un balance de caudales en el bucle de la inyección obteniendo la siguiente expresión:

$$q = \rho \cdot C_1 \cdot c_e \cdot (t_1 - t_0) \quad \left( \frac{kcal}{h} \right)$$

siendo:

- q calor que es necesario aportar en el calentador de combustible del M.M.P.P para que el combustible tenga la temperatura (viscosidad) adecuada de inyección. (Kcal/h)
- $t_0$  temperatura a la salida del colector de retornos. (°C). Se obtiene haciendo un balance energético en el colector de retornos. Para ello se considera el colector de retornos como un sistema aislado, luego:

$$H_1 = H_2 + H_3$$

$$\rho \cdot C_1 \cdot C_e \cdot t_1 = \rho \cdot C_2 \cdot C_e \cdot t_2 + \rho \cdot C_3 \cdot C_e \cdot t_3$$

Dado que la diferencia de temperatura es baja, supondremos que los  $C_e$  y las densidades son iguales, con lo que simplificando y despejando tenemos que:

$$t_0 = \frac{C_2 \cdot t_2 - C_3 \cdot t_3}{C_1} \quad (^\circ\text{C})$$

- $C_1$ : caudal de la bomba de la bomba de circulación o de alta (recordar que cada calentador da suministro a dos motores).<sup>5</sup>
- $\rho_{\text{media}}$  (kg/m<sup>3</sup>): densidad media del combustible
- $c_e$ : capacidad calorífica del combustible
- $C_3$ : consumo horario del motor
- $C_2$ : flujo de retorno de combustible  $C_2 = C_1 - C_3$
- $t_3$ : temperatura final en el tanque de servicio diario
- $t_1$ : temperatura necesaria para inyectar el combustible. Es dada por el fabricante del motor y si no, se saca del diagrama viscosidad temperatura.
- $t_2$ : temperatura del combustible de retorno que suponemos 10 °C menos que la del combustible inyectado.

Teniendo en cuenta el proceso de cálculo indicado tenemos que:

Necesidades de vapor para calentador de combustible de los MM.PP			
Potencia Motor (kW)			5800
Nº de Motores a alimentar desde una unidad de suministro			1
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)			173
$\rho_{\text{media}}$ (kg/m <sup>3</sup> )			944
Calor específico del HFO, $c_e$ (kcal/Kg·°C)			0,44
Temperatura a la entrada del M.M.P.P, $t_1$ (°C)			156
Temperatura que levanta el calentador de combustible (°C)			25
Temperatura a la salida del TSD, $t_3$ (°C)			131
Temperatura de HFO retornado, $t_2$ (°C)			141
Caudal $C_3$ (kg/h)			1003
Caudal $C_1$ (m <sup>3</sup> /h)			3,72
Caudal $C_1$ (kg/h)			3512
Caudal $C_2 = C_1 - C_3$ (kg/h)			2509
Temperatura a la salida del colector de retornos, $t_0$ (°C)			138
Necesidades de vapor (kcal/h)			27594
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)			80

Dado que el buque lleva instalados 4 calentadores de combustible, de los cuales, 2 son de reserva, la necesidad de vapor será de 160 kgv/h.

<sup>5</sup> En el caso de que en el catalogo no se especifique nada, es usual tomar como valor práctico un caudal entre 3 y 4 veces el consumo horario del motor ( $3 \cdot C_3 - 4 \cdot C_3$ ).

### 9.3.2.2 Calentadores de combustible de los Motores Auxiliares.

Siguiendo un procedimiento de cálculo análogo al anterior descrito, calculamos el calor necesario en el calentador de la unidad de suministro de HFO de los Motores Auxiliares.

Cabe recordar que para los 3 Motores Auxiliares el buque dispone de una unidad de suministro de HFO, con dos calentadores de vapor (uno de reserva).

La necesidad de vapor obtenida de aplicar el proceso de cálculo indicado es:

Necesidades de vapor para calentador de combustible de los MM.AA			
Potencia Motor (kW)			650
Nº de Motores a alimentar desde una unidad de suministro			3
Consumo de combustible al 100% de carga (gr/kW·h)			185
$\rho_{media}$ (kg/m³)			944
Calor específico del HFO,Ce (kcal/Kg·°C)			0,44
Temperatura a la entrada del MM.AA, t1 (°C)			120
Temperatura que levanta el calentador de combustible (°C)			25
Temperatura a la salida del TSD, t3 (°C)			95
Temperatura de HFO retornado, t2 (°C)			105
Caudal C3 (kg/h)			361
Caudal C1 (m³/h)			0,22
Caudal C1 (kg/h)			208
Caudal C2=C1-C3 (kg/h)			-153
Temperatura a la salida del colector de retornos, t0 (°C)			88
Necesidades de vapor (kcal/h)			2957
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, Mv (kg/h)			9

### 9.3.2.3 Calentadores de vapor para las depuradoras de HFO.

Como se dice en el apartado en el que trata el sistema de depuración de Fuel Oil, el buque dispondrá de 2 separadoras centrifugas de HFO capaces de depurar (cada una) el 110% de la capacidad de combustible del Tanque de Servicio Diario disponiendo para ello de 12 horas. Como se puede ver, estamos estimando que la capacidad de lodos retirada por la depuradora es un 10% de la capacidad depurada.

Para obtener las necesidades de calor en el calentador de la depuradora aplicaremos la siguiente formulación:

$$G_v = \frac{q}{h_v \cdot \eta_c}$$

siendo:

- $G_v$ : necesidad de vapor de agua (kg/h)
- $q$ : calor necesario para elevar la temperatura del combustible de  $t_i$  a  $t_f$ . (kcal/h). Viene dado por la siguiente expresión:

$$q = G_{DepCom} \cdot \rho_m \cdot c_{eHFO} \cdot (t_f - t_i)$$

donde:

- $G_{DepCom}$ : caudal de la depuradora de combustible obtenido en 7.1.4. ( $m^3/h$ ).
- $\rho_m$ : densidad media del HFO ( $kg/m^3$ ).
- $c_{eHFO}$ : calor específico del HFO (Kcal/kg·°C).
- $t_f$ : temperatura a la entrada de la depuradora y entrada de TSD (°C).
- $t_i$ : temperatura a la salida del tanque de sedimentación (°C).
- $h_v$ : entalpia de vaporización del agua (energía térmica del vapor de agua) (kcal/kg).
- $\eta_c$ : rendimiento del calentador.

Aplicando lo explicado tenemos que la necesidad de vapor en el calentador de las depuradoras es:

Necesidades de vapor del calentador previo a la depuradora de HFO			
Capacidad de la purificadora elegida ( $m^3/h$ )			4,5
$\rho_{media}$ ( $kg/m^3$ )			944
Calor específico del HFO, $C_e$ (kcal/Kg·°C)			0,44
$t_i$ (°C)			70
$t_f$ (°C)			98
Necesidad de vapor del calentador (kcal/h)			52352
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpia de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)			151

### 9.3.2.4 Calentadores de vapor para las depuradoras de aceite.

Como ya se indicó el sistema externo de aceite lubricante de los Motores Principales está constituido por 2 purificadoras de aceite. Cada purificadora puede aspirar de dos tanques de retorno de aceite y del tanque almacén de aceite sucio, y descargará en el tanque almacén de aceite limpio L002, y en los tanques de retorno.

Es recomendable calentar el aceite lubricante hasta 90 °C como mínimo antes de su entrada en la separadora, lo cual equivale a calentarlo unos 25 °C aproximadamente la en la mayoría de los casos. Según el fabricante de los motores instalados, Wärtsilä, el aceite lubricante en los tanques de retorno de los motores ha de estar a una temperatura mínima de 65°C. Significa esto que en los tanques de retorno

anteriormente citados como el tanque almacén de aceite sucio, L001, requieren calor necesario para mantener la temperatura a 65 °C.

En el apartado 7.2.1.4. se calculó la capacidad de estas separadoras, considerando un tiempo de separación de 23 horas y 5 recirculaciones de aceite en ese tiempo. Partiendo de este dato, capacidad de las separadoras y aplicando la misma formulación que la indicada en el apartado 10.3.2.3. pero con las características del aceite tenemos que:

Dimensionamiento de la planta depuradora de aceite lubricante y necesidades de vapor del calentador previo a la misma				
Necesidad diaria de aceite lubricante (l/kW)				3
Potencia (kW)				11600
Necesidad diaria de aceite lubricante (l)				31552
Nº de depuraciones diarias				3
Aceite a purificar (l)				94656
nº de horas de trabajo al día				16
Margen por impurezas				10
Caudal de aceite (l/h)				6508
Capacidad de la purificadora elegida (l/h)				6500
$\rho_{\text{media aceite}}$ (kg/l)				1
Calor específico del aceite, $C_e$ (kcal/Kg.°C)				1
$t_i$				66
$t_f$				81
Necesidad de vapor del calentador (kcal/h)				43875
Rendimiento calentador, $\eta$				1
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)				494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)				127

### 9.3.2.5 Precalentador de agua dulce de los cilindros de los Motores Principales.

El buque contará con 2 unidades de precalentamiento de agua dulce de alta temperatura de los MM.PP, uno para cada motor. Cada una de estas dos unidades, cuenta con un calentador de vapor que asegure que los elementos del motor están a la temperatura de funcionamiento en el momento de arranque. Consultando el General Technical Data del motor, el fabricante indica que el calor necesario para el precalentamiento del motor es de 4kW/cil siendo la temperatura de precalentamiento de 60°C. En definitiva, cada uno de los dos precalentadores tendrá una potencia de 24 kW.

Luego el vapor necesario será:

$$M_v = \frac{(4 \cdot N^{\circ} \text{ de cilindros}) \cdot N^{\circ} \text{ precalentadores}}{h_v \cdot \eta_{precale}}$$

Luego:

Precalentador de agua dulce de cilindros de los Motores Principales.			
Calor necesario por cilindro (kW/cil)			4
Nº de cilindros			6
Nº de precalentadores			2
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)			119,4

### 9.3.2.6 Precalentador de agua dulce de los cilindros de los Motores Auxiliares.

Para el precalentamiento de los 3 Motores Auxiliares, el buque dispondrá de calentador de vapor que asegure que los elementos del motor estén a la temperatura de funcionamiento en el momento de arranque. Consultando el General Technical Data del motor auxiliar, el fabricante afirma que el calor necesario para el precalentamiento del motor es de 3,5 kW/cil siendo la temperatura de precalentamiento de 60 °C.

Con ello tenemos que:

Precalentador de agua dulce de cilindros de los Motores Auxiliares.			
Calor necesario por cilindro (kW/cil)			3,5
Nº de cilindros			6
Nº de precalentadores			1
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)			52,3

### 9.3.3 Calentadores de servicios diversos.

#### 9.3.3.1 Cálculo de calentadores de Agua Dulce Sanitaria.

El agua que alimenta al calentador puede suponerse a una temperatura de 10°C, verificándose la alimentación a medida que se producen consumos de agua caliente. El calentador debe elevar la temperatura del agua hasta 60 °C.

Como se indica en otro cuadernillos, hemos considerado un consumo de 150 l/(persona·día). Hay que dimensionar el tanque para el calentador de agua sanitaria para el consumo máximo que es de cuatro veces el consumo medio.



En consecuencia, la necesidad de vapor para este servicio es:

Necesidades de vapor del calentador de Agua Dulce Sanitaria			
Consumo medio (l/persona·día)			150
Consumo máximo (l/persona·día)			600
Nº de personas abordo			25
Consumo por día (l/día)			15000
Consumo por día (l/h)			625
Consumo (m³/h)			0,63
$\rho_{media}$ del agua (kg/m³)			1000
Calor específico del Aceite, $C_e$ (kcal/Kg·°C)			1
$t_i$ (°C)			10
$t_f$ (°C)			60
Necesidad de vapor un calentador (kcal/h)			31250
Nº de calentadores en servicio			1
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ (kcal/kg)			494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)			361

### 9.3.3.2 Calentadores de aire acondicionado.

La cantidad mínima de aire fresco necesaria en los locales del buque se estima en 25 m³/(persona·hora). La cantidad de veces por hora que se ha de renovar el aire depende lógicamente del local que se trate, pero tomaremos como un valor medio el de 12 renovaciones/hora.

El calor necesario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_v = \frac{Q}{h_v \cdot \eta_c} = \frac{C \cdot \rho_m \cdot c_e \cdot (T_s - T_m)}{h_v \cdot \eta_c}$$

donde:

- $M_v$ ; masa de vapor necesaria en los calentadores de aire acondicionado (kg/h).
- $Q$ : calor necesario para acondicionar el aire a la temperatura requerida (Kcal/h).
- $h_v$ ; entalpía de vaporización del agua (Kcal/kg).
- $C$ ; caudal de aire necesario (m³/h):
  - $C = Necesidad\ de\ aire\ (m^3/persona \cdot h) \cdot N^o\ de\ personas \cdot N^o\ reno.$
- $\rho_m$ ; peso medio específico del fluido, aire (kg/m³).
- $c_e$ ; calor específico del fluido en Kcal/kg·°C.

- $T_s$ ; temperatura de salida del aire acondicionado(°C).
- $T_m$ ; temperatura de la mezcla (°C); la temperatura de la mezcla se obtiene mediante la expresión siguiente, resultante de realizar un balance entálpico.

$$T_m = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot T_{ext} + \left(\frac{2}{3}\right) \cdot T_r$$

siendo:

- $T_{ext}$ ; temperatura de entrada del aire exterior (°C).
- $T_r$ ; temperatura del aire recirculado (°C).

Se ha considerado una temperatura de entrada del aire exterior  $T_e=-6^\circ\text{C}$ , una temperatura del aire recirculado de  $T_r=23^\circ\text{C}$  y una temperatura  $T_s$  de salida del aire acondicionado de  $32^\circ\text{C}$ .

Se ha considerado un porcentaje de aire recirculado igual a 66%.

Llevando a cabo el procedimiento de cálculo indicado obtenemos el siguiente resultado:

Necesidades de vapor de los calentadores de Aire Acondicionado			
Necesidad de aire fresco ( $\text{m}^3/\text{persona}\cdot\text{día}$ )			25
Nº de renovaciones por hora			12
Nº de personas abordo			25
Consumo ( $\text{m}^3/\text{h}$ )			7500
$\rho_{media}$ del aire exterior ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )			1,15
Calor específico del Aire Exterior, $C_e$ ( $\text{kcal}/\text{Kg}\cdot^\circ\text{C}$ )			0,24
$T_{ext}$ (°C)			-6
$T_r$ (°C)			23
$T_s$ (°C)			32
$T_m$ (°C)			13
Necesidad de vapor un calentador ( $\text{kcal}/\text{h}$ )			38640
Rendimiento calentador, $\eta$			0,7
Entalpía de vaporización, $h_v$ ( $\text{kcal}/\text{kg}$ )			494
Masa vapor, $M_v$ ( $\text{kg}/\text{h}$ )			112

### 9.3.3.3 Generadores de agua dulce.

El buque dispondrá de 1 generador de agua dulce de  $0,3 \text{ Tm}/\text{día}$ .

El calor que hay que suministrar al sistema es:

$$Q = 4 \cdot P_v \cdot c_e \cdot (T_s - T_m) + r \cdot P_v$$

siendo:

$P_v$ : Producción de agua ( $\text{kg}/\text{h}$ ).

$c_e$ :Calor específico del agua salada ( $\text{Kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ).

$T_s$ : Temperatura de saturación a una presión de 0,1 kg/cm<sup>2</sup>.

$T_m$ : Temperatura de la mezcla (°C). Viene dada por la siguiente expresión:

$$T_m = \frac{3 \cdot T_s + T_a}{4}$$

$T_{amar}$ : Temperatura del agua de mar (°C).

$r = h_v$ : Calor de vaporización del agua de mar a la presión de 0,1 kg/cm<sup>2</sup>.

Con ello podemos obtener el consumo de vapor con la misma expresión de siempre:

$$M_v = \frac{Q}{h_v \cdot \eta_c}$$

Tras los cálculos, se han obtenido los siguientes resultados:

Necesidades de vapor del generador de agua dulce		
Capacidad de los generadores de agua dulce (Tm/día)		0,3
Nº de generadores de agua dulce		2
Producción de agua en kg/h		25
Calor específico del agua salada, $C_e$ (kcal/Kg. °C)		0,96
$T_s$ (°C), temperatura de saturación a una presión de 0,1 kg/cm <sup>2</sup> .		45,6
$T_a$ (°C), temperatura del agua de mar.		5
$T_m$ (°C), temperatura de la mezcla.		35,45
Entalpía o calor de vaporización de agua salada, $h_v$ (kcal/kg)		571,6
Necesidad de vapor un calentador, $Q$ (kcal/h)		15264
Rendimiento del generador de agua dulce, $\eta$		0,7
Entalpía o calor de vaporización de agua dulce, $h_v$ (kcal/kg)		494
Masa vapor, $M_v$ (kg/h)		44

### 9.3.3.4 Separador de aguas aceitosas.

En realidad el vapor consumido por el separador de sentinas tiene muy poca importancia, por lo que la mayoría de las veces podrá prescindirse de un cálculo exacto del mismo, aplicando un margen al final de los cálculos generales.

El buque contará con un separador de sentinas de 5 Tm/h. Dicho equipo requiere un consumo de vapor de 3 kg<sub>v</sub>/h.

Masa vapor separador de aguas aceitosas, $M_v$ (kg/h)	3
---	---

### 9.3.3.5 Tomas de mar.

A las tomas de mar únicamente hay que darles calefacción cuando la navegación es por zonas muy frías, para evitar la congelación en las tomas, que impediría la entrada de agua.



La cantidad de calor necesaria por este concepto es prácticamente despreciable, nosotros hemos estimado por comparación con buques similares, que el requerimiento de vapor es de 2 kg<sub>v</sub>/h.

Masa vapor para tomas de mar, Mv (kg/h)	2
---	---

#### 9.3.3.6 Calentador de lodos del incinerador.

Las necesidades de vapor para el calentador de lodos del incinerador son también muy pequeñas, pudiendo estimarse éstas, por comparación con buques similares en 18 kg<sub>v</sub>/h.

Masa vapor para calentador de lodos del incinerador, Mv (kg/h)	18
--	----



## 9.4 Condiciones de servicio

Estudiaremos dos condiciones de servicio:

- Navegación: Se considera al buque realizando una ruta de navegación en la condición que requiera mayor consumo.
- Puerto: El consumo en esta condición será el necesario para mantener todos los sistemas a su temperatura óptima.

De esta manera se obtiene el Balance de Vapor que a continuación adjuntamos.



*Buque CON-RO/RO*

*Cuaderno 7: Planta propulsora y cámara de máquinas*



*Proyecto nº10 2008-2009*



## 9.5 BALANCE DE VAPOR



UPM - ETSIN

Buque CON-RO/RO

Proyecto nº10 2008-2009



Cuaderno 7: Planta propulsora y cámara de máquinas

BALANCE DE VAPOR					
Consumidores	Consumo Máximo unitario (kgv/h)	Navegación		Puerto	
		Ks	Consumo Efectivo (kgv/h)	ks	Consumo Efectivo (kgv/h)
Tanques almacén de HFO	1008	0,90	907	0,90	907
Tanque de sedimentación de HFO, Tsed	259	0,90	233	0,90	233
Tanques de servicio diario de HFO, TSD_FOB Y TSD_FOE	261	0,80	209	0,80	209
Tanque de rebose de combustible, V005	152	0,50	76	0,30	46
Tanque de lodos de Fuel Oil, V003	29	0,50	15	0,50	15
Tanque de lodos de Fuel Oil, V004	29	0,50	15	0,50	15
Tanque de aceite sucio, L001	224	0,50	112	0,50	112
Tanque buffer, regulador o de mezclas	52	1,00	52	0,00	0
Tanque de aguas aceitosas, V006	218	0,50	109	0,50	109
Tanque de retorno de aceite, L03P	276	0,20	55	0,20	55
Tanque de retorno de aceite, L03S	296	0,20	59	0,20	59
Calentador de agua dulce sanitaria.	361	0,80	289	0,80	289
Precalentadores AD cilindros MMPP	119	0,00	0	1,00	119
Precalentadores AD cilindros MMAA	52	0,00	0	1,00	52
Calentadores de Aire Acondicionado	112	0,80	89	0,60	67
Calentadores de combustible MMPP	80	1,00	80	0,00	0
Calentadores de combustible MMAA	9	0,00	0	1,00	9
Generadores de agua dulce	44	0,70	31	0,40	18
Calentadores depuradoras de aceite	127	0,70	89	0,70	89
Calentadores depuradora de HFO	151	0,50	76	0,50	76
Separador de augas aceitosas	3	0,00	0	1,00	3
Tomas de mar	2	0,50	1	0,50	1
Calentador de lodos incinerador	18	0,70	13	0,70	13
Calentador combustible caldera	8	0,80	6	0,80	6
Sopladores	8	0,40	3	0,40	3
Perdidas (5 por 1000)	20	1,00	20	1,00	20
		<b>TOTALES (Kg<sub>vapor</sub>/h)</b>			
		2539			2524



## 9.6 PLANTA GENERADORA DE VAPOR

### 9.6.1 Dimensionamiento de la planta de vapor.

El vapor se puede generar a bordo mediante calderetas de gases de escape o economizadores de gases de exhaustación y mediante una caldera auxiliar de mechero.

En vapor generado por los gases de exhaustación es calculado por la siguiente expresión:

$$E_{Gexh} \left( \frac{Kcal}{h} \right) = E_{vsase} \left( \frac{Kcal}{h} \right)$$

siendo

- $E_{Gexh} = G_{gext} \cdot c_{e\_gext} \cdot [t_{sc} - t_{ec}] \cdot \mu_c$
- $E_{vsase} = M_v \cdot [h_v + c_p \cdot (t_{sat} - t_{aguaec})]$

donde

- $E_{Gexh}$  energía disponible (energía gases de exhaustación)
  - $G_{gext}$  es la cantidad de gases de exhaustación del M.M.P.P. Viene en las especificaciones del motor. Tomamos al 85% del M.C.R.
  - $c_{e\_gext}$  es el calor específico de los gases de escape (0,25 Kcal/kg.°C)
  - $t_{sc}$  es la temperatura de los gases a la salida de la caldera; Dado que los gases de escape tienen contenido en SOx hay que procurar que en ningún caso este alcance la temperatura de rocío, para ello, la temperatura de los gases nunca será inferior a 180°C.
  - $t_{ec}$  es la temperatura a la entrada de la caldera que la estimamos como 1°C menor a la que tenemos en la salida de la turbosoplante. La temperatura de los gases después de la turbosoplante viene en las especificaciones del motor,  $t_{exh}=360^\circ\text{C}$  (359°C).
  - $\mu_c$  rendimiento de la caldera; El calor latente de los productos húmedos y el de radiación son muy difíciles de aprovechar (0,94%).
- $E_{vsase}$  energía necesaria para obtener vapor saturado seco a 7kgf/cm<sup>2</sup>
  - $M_v$  masa de vapor generada en la caldera de gases de exhaustación; dada en kg/h es la única incógnita



- $h_v$  calor o entalpía de vaporización; a 7 kgf/cm<sup>2</sup> es 494,2 Kcal/kg
- $c_p$  calor específico del agua a presión constante (1Kcal/kg.°C)
- $t_{sat}$  temperatura saturación del agua a la presión de vapor de 7 kgf/cm<sup>2</sup> (164,197°C)
- $t_{aguaec}$  es la temperatura del agua a la entrada de la caldera (60°C).

Despejando en la anterior formula, tenemos que la masa de vapor que se podría obtener aprovechando los gases de escape viene dada por la siguiente expresión:

$$M_v = \frac{G_{gext} \cdot c_{e\_gext} \cdot [t_{sc} - t_{ec}] \cdot \mu_c}{h_v + c_p \cdot (t_{sat} - t_{aguaec})}$$

#### 9.6.1.1 Masa de vapor que es posible obtener del aprovechamiento del calor residual de los gases de escape de los MMPP's:

De la aplicación de lo expuesto, tenemos que la masa de vapor que se podría obtener en una caldereta de gases de escape es:

Masa de vapor máxima obtenida en cada MM.PP	
$G_{gext}$ (t/h)	36,4
$G_{gext}$ (kg/s)	10
$c_{e\_gex}$ (kcal/kg.°C)	0,25
$t_{sc}$ (°C)	180
$t_{ec}$ (°C)	409
$\mu_c$	0,94
$h_v$ (kcal/kg)	494
$c_p$ (kcal/kg.°C)	1
$t_{sat}$ (°C)	164
$t_{aguaec}$ (°C)	60
$M_v$ (Kg <sub>vapor</sub> /h)	3275

Luego la masa total de vapor total que se puede obtener aprovechando los gases de escape de los MMPP's es:

nº de MMPP's	2
$M_v T_{MMPP's}$ (Kg <sub>vapor</sub> /h)	6549

#### Masa de vapor que es posible obtener del calor residual de los gases de escape de los MMAA's:

De igual modo se obtiene la masa que se puede obtener aprovechando el calor residual de los gases de escape:

Masa de vapor máxima obtenida en cada MMAA		
$G_{\text{gext}}$	(t/h)	4,45
$G_{\text{gext}}$	(kg/s)	1
$c_{\text{e\_gext}}$	(kcal/kg.°C)	0,25
$t_{\text{sc}}$	(°C)	180
$t_{\text{ec}}$	(°C)	409
$\mu_c$		0,94
$h_v$	(kcal/kg)	494
$c_p$	(kcal/kg.°C)	1
$t_{\text{sat}}$	(°C)	164
$t_{\text{aguaec}}$	(°C)	60
$M_v$	( $K_{\text{gvapor}}$ /h)	400

**Luego la masa total de vapor total que se puede obtener aprovechando los gases de escape de los MMAA's es:**

nº de MMAA's en func.	3
$M_v T_{\text{MMAA's}}$ (Kg vapor/h)	1201

Del análisis de los cálculos anteriores se deduce la siguiente recomendación:

Se recomienda instalar:

- Una caldereta de gases de escape que produzca 2539  $kg_v/h$  (gases de escape de MMPP's. Con ella cubriremos la demanda de vapor en navegación.
- Y una planta auxiliar formada por una caldera de mechero capaz de producir 2524  $kg_v/hr$ . Con ella cubriremos la demanda de la situación de puerto.

Se recomienda que esta producción de vapor se realicen a regímenes superiores al 98% obteniendo de este modo tener buenos rendimientos en las calderas.

Las potencias térmicas la caldereta y caldera se puede calcular mediante la expresión:

$$E_{\text{vsase}} = M_v \cdot [h_v + c_p \cdot (t_{\text{sat}} - t_{\text{aguaec}})]$$

cuyos términos ya fueron explicados en este mismo apartado. En el apartado 6.1.2.1 del cuadernillo de Equipos y Servicios será necesario aporta la potencia



térmica de la caldera para hacer una estimación de la necesidad de ventilación para evacuar calor perdido por la mismas. Dado que nunca funcionaran en paralelo solo se calcula y se aplica en dicho apartado el caso más desfavorable. De la aplicación de la formula tenemos la siguiente potencia térmica:

- Caldera  $= 1518322 \text{ kcal/h} \approx 1756 \text{ kW}$
- Caldereta de gases de escape  $= 1509849 \text{ kcal/h} \approx 1756 \text{ kW}$ .

## 9.7 Nueva iteración:

Aunque no merece la pena, se ha llevado cabo una nueva iteración con los incrementos que figuran abajo:

### 9.7.1 Incremento de combustible a almacenar:

Si se tiene en cuenta que aproximadamente quemar 65kg de combustible producen 1 tonelada de vapor, tenemos que los consumos de la calderas son:

$$C_c = 65 \cdot 2,524 = 164 \text{ kg}_{\text{combust}}/\text{h}$$

Supondremos que la estancia en puerto es 3 horas con lo que el combustible que es necesario llevar a bordo para tal fin es aproximadamente:

$$C_c = 164 \frac{\text{kg}_{\text{combust}}}{\text{h}} \cdot 3\text{h} \approx 492 \text{ kg} \approx 0,5 \text{ t}$$

Por tanto se deberá reducir la capacidad de almacenaje en 0,4 toneladas ya que se supuso 0,9 toneladas de combustible para este fin (esta partida es insignificante a si que no se hará ninguna modificación).

### 9.7.2 Necesidades de vapor de otros elementos del sistema caldera.

Además, la caldera, por sus condiciones de trabajo tendrá un consumo propio de vapor, que habrá de tenerse en cuenta a la hora de realizar el balance del consumo total del vapor. Estos consumidores son:

- Calentador de combustible.
- Sopladores de hollín.

A continuación se efectúan los cálculos para obtener dichos consumos propios de vapor:

#### Calentador de combustible de caldera:



Para calcular las necesidades de vapor de este calentador se tendrá en cuenta que tiene que levantar la temperatura del combustible desde los 60 °C que aproximadamente tendrá a la salida del Tanque de Servicio Diario de caldera hasta los 95°C de temperatura que es necesario para inyectarlo en caldera en condiciones adecuadas.

Luego las necesidades de vapor para calefactar el consumo de caldera es:

$$q = 1,5 \cdot C_c \cdot C_e \cdot (T_f - T_i) \text{ kCal/h}$$

$$q = 1,5 \cdot 164 \cdot 0,44 \cdot (95 - 60) = 3802 \text{ kCal/h}$$

$$M_v = \frac{q}{r} = \frac{6925}{494,2} = 7,7 \text{ kg}_v/\text{hr}$$

### **Sopladores de hollín:**

La cantidad de vapor necesaria para los sopladores de hollín se estima en un 3 por 1000 de la producción horaria de vapor de la/s caldera/s. Siguiendo la estimación del apartado anterior tendremos que en primera aproximación la masa de vapor necesaria para los sopladores es:

$$M_v = \frac{3}{1000} \cdot \text{Producción de vapor}$$

$$= \frac{3}{1000} \cdot \text{Nec de vapor para calefactar la carga}$$

$$= \frac{3}{1000} \cdot 2524 = 7,6 \text{ kg}_v/\text{h}$$

UPM-ETSIN



# Equipos y servicios

---

PFC nº 10 – Cuaderno 8

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



*Buque CON-RO/RO*

*Cuaderno 8: Equipos y servicios*



*Proyecto nº10 2008-2009*





## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE .....	2
2.1. Numeral de equipo.....	2
2.2. Ancclas .....	3
2.3. Cadenas.....	4
2.4. Cables y Amarras.....	8
2.5. Molinetes.....	8
2.6. Estopor.....	13
2.7. Escobenes .....	14
2.8. Caja de cadenas .....	14
2.9. Chigres.....	15
2.10. Bitas, Alavantes y Gateras.....	17
2.11. Unidades de control hidráulico.....	20
3. EQUIPOS DE GOBIERNO .....	21
3.1. Servomotores.....	21
3.2. Hélices transversales de maniobra.....	22
4. EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA.....	29
4.1. Rampa de acceso .....	29
4.2. Rampas de acceso a bodega.....	30
4.3. Rampa de acceso a cubierta expuesta .....	31
4.4. Unidades de control hidráulico .....	31
4.5. Sala de control de carga .....	31
4.6. Computadora de embarque de carga.....	31
5. ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE LA CARGA.....	33
6. EQUIPOS DE VENTILACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN .....	34
6.1. Equipos de ventilación .....	34
6.1.1. Ventilación de compartimentos de carga .....	34
6.1.2. Ventilación de Cámara de Maquinas. ....	35
6.1.2.1. Cálculo de ventilación .....	36
6.1.2.2. Resumen de Sistema de ventilación de Cámara de Maquinas.....	40
6.1.2.3. Ventilación en otros compartimentos.....	41
Local de hélice de proa.....	41



Sala de generadores de emergencia .....	41
7. EQUIPOS DE SALVAMENTO .....	42
7.1. Embarcaciones de supervivencia .....	42
7.2. Dispositivos individuales de salvamento.....	46
7.3. Dispositivos de comunicaciones.....	49
8. ARMAMENTO, INTALACIONES Y HABILITACIÓN.....	51
8.1. Equipos de servicio de hotel y fonda .....	51
8.1.1. Equipo de Cocina y Domestico .....	51
8.1.2. Lavandería .....	52
8.1.3. Gambuzas .....	52
8.2. Espacios sanitarios .....	56
8.2.1. Aseos .....	56
8.3. Pañoles.....	58
8.4. Servicios de accesos.....	58
8.4.1. Accesos exteriores: Escalas, Pasamanos y Pasarelas. ....	59
8.4.2. Tecles, enjaretados y escalas en la sala de máquinas .....	63
8.5. Puertas.....	64
8.5.1. Puertas de acero .....	65
8.5.2. Puertas de la acomodación .....	68
8.6. Escotillas y registros.....	69
8.6.1. Escotillas de acceso y servicio.....	69
8.6.2. Registros .....	71
8.7. Ventanas y portillos .....	71
8.8. Protección de superficies .....	73
8.8.1. Tratamiento superficial del acero .....	74
8.8.2. Pintura exterior de la estructura.....	75
8.8.3. Pintura interior de la estructura, excepto tanques .....	77
8.8.4. Pintura interior de garajes y tanques (estructura).....	78
8.8.5. Pintado de elementos no estructurales .....	79
8.8.6. Pintado de tuberías (excepto las galvanizadas) .....	81
8.8.7. Galvanizado.....	82
8.9. Protección catódica.....	83
9. SERVICIOS DE SENTINAS.....	83





9.1.	Introducción .....	83
9.2.	Medios de achique de líquidos .....	84
9.3.	Sistema de achique de emergencia .....	85
9.4.	Sistema de achique de aguas sucias .....	88
9.5.	Esquema del sistema se sentinas .....	89
10.	SERVICIO DE LASTRE .....	90
11.	SISTEMA ANTIESCORA .....	93
12.	SERVICIO DE CONTRAINCENDIOS.....	94
12.1.	Introducción .....	94
12.2.	Sistema de detección de incendios.....	94
12.3.	Sistema de extinción de incendios con agua salada .....	96
12.4.	Sistema automático de rociadores en acomodación .....	100
12.5.	Sistema de aspersores en cámara de maquinas, cubierta de carga rodada y otros locales .....	102
12.6.	Equipos individuales .....	105
12.7.	Protección pasiva contra incendios.....	106
13.	SERVICIO SANITARIO .....	107
14.	EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN. LUCES DE SEÑALES. ....	111
14.1.	Equipo de navegación .....	111
14.2.	Equipos de comunicaciones. ....	117
14.2.1.	Comunicaciones internas. ....	117
14.2.2.	Comunicaciones externas. ....	121
14.3.	Luces de navegación y señales.....	122
15.	EQUIPOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS.....	125
15.1.	Introducción .....	125
15.2.	Equipos .....	125



## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se describen los diferentes equipos que forman parte del buque. Algunos de ellos ya han sido tratados en profundidad en el cuaderno correspondiente al diseño de cámara de máquinas, de manera que aquí tan solo se citarán sus características fundamentales o se hará referencia al documento en el que están.

Este buque está preparado para ser clasificado por Bureau Veritas, y por tanto en estos aspectos deberá cumplir con lo estipulado en el reglamento de dicha Sociedad. De la misma forma, el buque cumplirá con lo estipulado por la Organización Marítima Internacional a través del convenio de Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS) y del MARPOL.



## 2. EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE

### 2.1. Numeral de equipo

Los medios de fondeo, amarre y remolque se calculan partiendo del numeral de equipo, definido según la siguiente expresión:

$$NA = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot h + 0,1 \cdot A$$

donde:

- $\Delta$ : Desplazamiento del buque, en toneladas, al calado de verano= 16694 ton
- B: Manga máxima de trazado = 22,9 m.
- A: Superficie lateral del casco ( $2909 \text{ m}^2$ ), de las superestructuras ( $464 \text{ m}^2$ ) y de las casetas de anchura superior a B/4, por encima de la flotación de francobordo de verano, comprendida en la eslora entre perpendiculares.
- h: Altura efectiva entre la flotación en carga de verano y el techo de la caseta más elevada.

Para el cálculo de h se desprecia el arrufo y la brusca. Debe ser medido según la expresión:

$$h = a + \sum h_i$$

siendo:

- a: Distancia en metros desde la línea de flotación de verano en la mitad del buque hasta la cubierta superior.

$$a=7,461 \text{ m.}$$

- $h_i$ : Altura en metros de cada piso de superestructura o de caseta de anchura mayor a B/4.

Dado que hemos considerado como cubierta de francobordo la principal, toda la estructura que está por encima de esta cubierta es considerada superestructura (Convenio Internacional de Lineas de Carga; Capítulo III. Regla 31).

Tenemos las siguientes superestructuras:

- Superestructura cubierta principal 5,64m
- Superestructura cubierta expuesta o superior 5,64m
- 2 alturas de superestructuras de habilitación 5,80m
- Superestructura de puente de navegación 2,90m



Con lo que tenemos que:

$$\sum h_i = 19,98 \text{ m}$$

$$h = a + \sum h_i = 27,441 \text{ m}$$

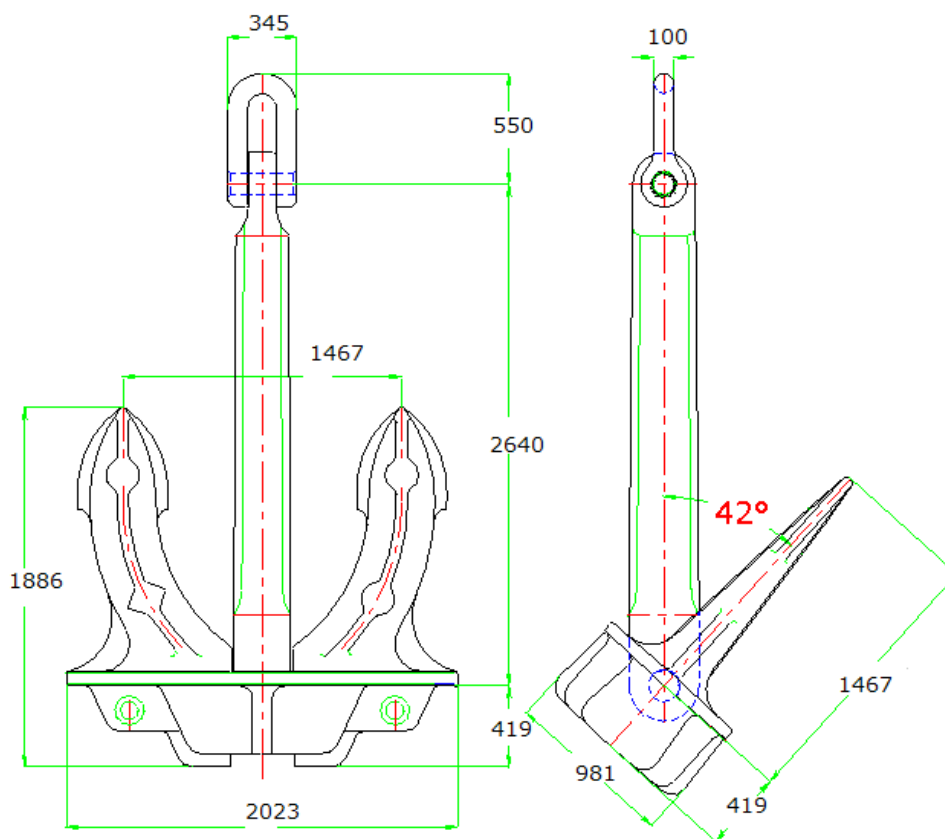
Por tanto el numeral de equipo, NA, será:

$$NA = 2247$$

## 2.2. Anclas

De la Tabla 1 del capítulo de Equipamiento, Sección 4 de las Reglas de Bureau Veritas obtenemos el ancha a instalar en función del numeral de equipo calculado. En el proyecto en estudio, al estar el numeral de equipo comprendido entre 2230 y 2380, el buque debe ir dotado de 3 anclas, con un peso unitario de 6900 kg siendo una de ellas de respeto.

Se usan anclas de gran poder de agarre con lo que la Sociedad de Clasificación permite una reducción máxima del peso indicado del 25 %, por lo que el peso por unidad queda definitivamente en 5175 kg. Las anclas usadas son del tipo HCC con una carga de prueba para ese peso de 795 kN (81,1 Tn / 178,8Kips). En el buque se dispondrá un ancla tipo HALL cuya dimensiones son:



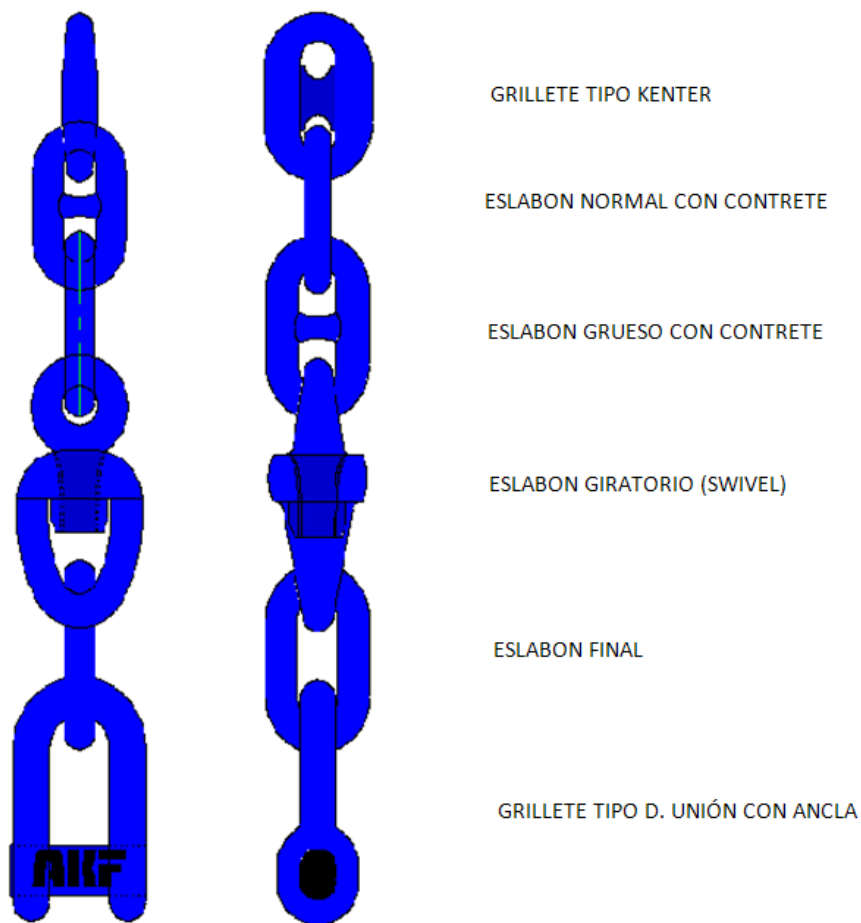
Como ya se han indicado el buque llevará a bordo 3 anclas. Serán todas del mismo tipo.

### 2.3. Cadenas

De la misma tabla citada en el apartado anterior se obtiene el diámetro y la longitud total de la cadena del ancla. Se elige la calidad Q3, que requiere un diámetro de 64 mm y una longitud total de 605 m, lo que supone 22 largos de cadena (un largo 27,5 m), es decir 11 en cada banda. Se elige una cadena de calidad Q3 porque tiene como ventaja necesitar diámetro inferior y por tanto un ahorro en el espacio de caja de cadenas, y unas menores dimensiones y potencia de molinete.

Los largos de cadena irán unidos por grilletes de unión desmontables tipo Kenter con pasadores de acero. Los grilletes estarán adecuadamente marcados y pintados.

El largo de unión con la cadena se compone de los siguientes elementos:



La unión de la cadena con la caja de cadenas se realiza mediante un dispositivo mediante el cual se pueda soltar el último eslabón retirando un pasador desde el exterior de la caja de cadenas y localizado en el pañol de proa.

A continuación se presenta una tabla de pesos de cada elemento de la cadena para diámetro nominal 64 mm y Grado 3:

Elemento	Peso
<b>Grillete tipo kenter</b>	38 kg
<b>Eslabón normal con concreto</b>	22,96 kg
<b>Eslabón grueso con concreto</b>	30,6 kg
<b>Eslabón final</b>	35,4 kg
<b>Eslabón giratorio</b>	155 kg
<b>Grillete tipo D</b>	94 kg

El peso de cada largo de cadena, de diámetro 64 mm con grillete tipo Kenter, es de 2466 kg.

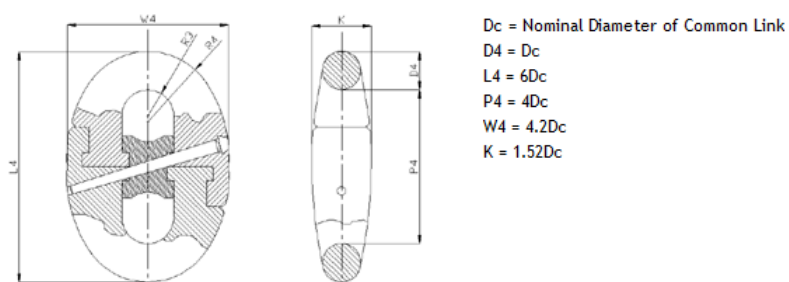
El peso del largo de cadena de unión con el ancla es 376 kg.

El peso total de cada cadena, 11 largos más largo de cadena de unión con ancla es de 27,5 Tn.

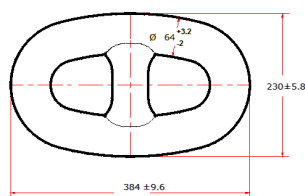
Los elementos de la cadena son de acero forjado de calidad extraespecial, Grado 3. Para el diámetro nominal de 64 mm tienen una carga de prueba de 2187kN y una carga de rotura 3123kN.

### Elementos y dimensiones:

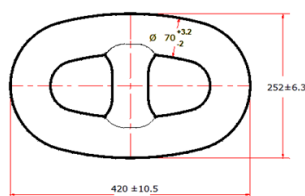
#### Grillete tipo kenter



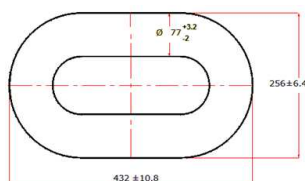
#### Eslabón normal con contrete



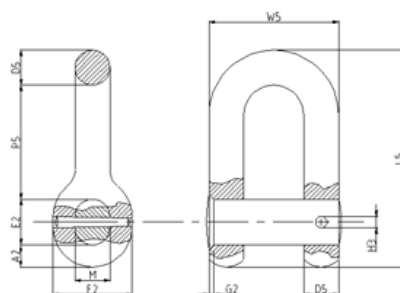
#### Eslabón grueso con contrete



#### Eslabón final



## Grillete tipo D



Dc = Nominal dia. of Common Link

$$D5 = 1.4Dc$$

$$E2 = 1.8Dc$$

$$L5 = 8.7Dc$$

$$F2 = 3.1Dc$$

$$P5 = 4.6Dc$$

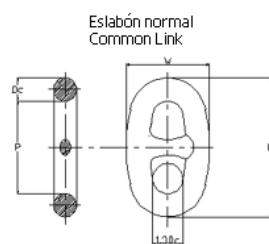
$$G2 = 0.2Dc$$

$$W5 = 5.2Dc$$

$$H3 = 0.4Dc$$

$$A2 = 0.9Dc$$

$$M = 0.14Dc$$

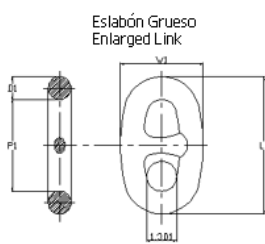


Dc = Nominal dia. of Common Link

$$L = 6Dc$$

$$P = 4Dc$$

$$W = 3.6Dc$$

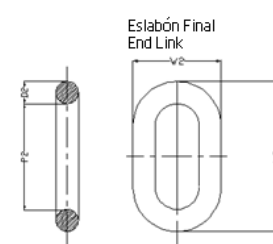


$$D1 = 1.1Dc$$

$$L1 = 6D1$$

$$P1 = 4D1$$

$$W1 = 3.6D1$$

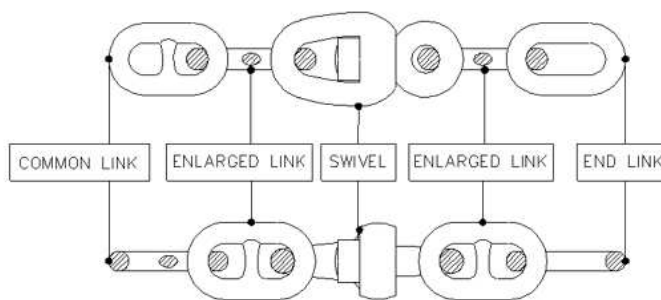


$$D2 = 1.2Dc$$

$$L2 = 6.75Dc$$

$$P2 = 4.35Dc$$

$$W2 = 4Dc$$







El buque contará con los siguientes respetos

- Un eslabón giratorio
- Dos grilletes Kenter

## 2.4. Cables y Amarras

El cable de remolque viene también determinado por el valor del numeral de equipo; el buque deberá llevar un cable de 240 m de longitud, 28 mm de diámetro, y 1356 kN de carga de rotura.

Por otro lado deberá llevar 5 amarras de una longitud unitaria de 200 m y con una carga de rotura de 451 kN.

Por ser el buque tipo ro-ro, hay que tener en cuenta el punto 3.5.7 de la sección 4 del capítulo de Equipos. Según este punto, el buque debe llevar 3 amarras más ya que  $A/NE=1,5>1,2$ .

Estos valores dados por la Sociedad de Clasificación son orientativos, no son una condición de la clasificación.

## 2.5. Molinetes

La potencia necesaria para el izado de la cadena y ancla, sin considerar el esfuerzo requerido para el zafar el ancla del fondo, que se logrará dotando al molinete de una velocidad más corta que durante el izado para tener una tracción mayor, viene dada por la fórmula<sup>1</sup>:

$$P = \frac{0,87 \cdot (N \cdot P_c + P_a) \cdot v \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot \eta_{MC}} \quad (CV)$$

siendo

- P potencia de cada molinete (kW)
- $P_c$  peso de un largo de cadena (kg).
- N número de largos de cadena
- $P_a$  peso del ancla (kg).
- v velocidad de izado en metros por minuto
- f es el coeficiente de rozamiento de la cadena con el estopor y el escoben.
- $\eta_{MC}$  es el rendimiento mecánico del molinete.

<sup>1</sup> Densidad acero 7.84 t/m<sup>3</sup> y densidad de agua de mar 1.025 t/m<sup>3</sup>  $\rightarrow \left(1 - \frac{1.025}{7.84}\right) \cdot (P_c + P_a)$



La potencia necesaria para zafar el ancla del fondo es la ya calculada incrementada en la potencia requerida para vencer el poder de agarre del ancla, es decir:

$$P = \frac{(0,87 \cdot (P_c + P_a) + e \cdot P_A) \cdot v_1 \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot \eta_{MC}} \text{ (CV)}$$

donde

- $v_1$  es la velocidad usada para despegar el ancla (que es menor que la de izado, para conseguir mayor tracción), en *m/min*.
- $e$  es el coeficiente de poder de agarre del ancla.
- $v_1$  la velocidad corta para despegar el ancla.

Puesto que la potencia del molinete es única, igualando las dos expresiones anteriores se obtiene la velocidad necesaria para despegar el ancla, que viene dada por:

$$\frac{v}{v_1} = 1 + \frac{e \cdot P_a}{0,87 \cdot (P_c + P_a)}$$

En la práctica se suelen tomar los siguientes valores:

- |               |                                   |            |
|---------------|-----------------------------------|------------|
| • N           | se suele tomar entre 3 y 4 largos | 4.0        |
| • v           | entre 8 y 12 m/min                | 12.0 m/min |
| • f           |                                   | 2.0        |
| • $\eta_{MC}$ | entre 0.5 y 0.7                   | 0.6        |
| • e           | entre 1.5 y 2.5                   | 2.5        |

Con lo que tendremos que:

- Potencia necesaria por molinete:

$$P = \frac{0,87 \cdot (4 \cdot 2466 + 5175) \cdot 12 \cdot 2}{60 \cdot 75 \cdot 0,6} = 117 \text{ CV} = 87.24 \text{ kW}$$



- Velocidad usada para despegue de ancla,  $v_1$ :

$$\frac{12}{v_1} = 1 + \frac{2.5 \cdot 5175}{0.87 \cdot (4 \cdot 2466 + 5175)}$$

$$v_1 = 6,03 \text{ m/min}$$

Si por cualquier circunstancia se larga toda la cadena en una zona donde la lamina de agua en el punto de asiento de ancla sea superior a 4 largos de cadena, el molinete puede no tener suficiente potencia para llevar la cadena y el ancla. Se comprobará si el molinete con una velocidad más corta es capaz de llevar los 11 largos de cadena que lleva:

$$v = \frac{P \cdot 60 \cdot 75 \cdot \eta_{MC}}{0,87 \cdot (11 \cdot P_c + P_a) \cdot f} \text{ (m/min)}$$

$$v = \frac{117 \cdot 60 \cdot 75 \cdot 0,6}{0,87 \cdot (11 \cdot 2466 + 5175) \cdot 2} = 5,62 \text{ (m/min)}$$

La velocidad obtenida es aceptable luego no tenemos que calcular un molinete de mayor potencia.

Concluimos que:

**A proa:** 2 molinetes monoancla de accionamiento hidráulico marca NDM con cabirones para maniobra, fondeo y amarre, es decir, el molinete dispondrá de barbotén para largar y cobrar la cadena de fondeo de 16 mm y potencia del accionamiento hidráulico de 117 CV, y de un cabirón y un carretel de amarre para el manejo de amarras con 2 velocidades: 18 m/min para 16 Tm de tiro y 36 m/min sin tensión. También estará provisto de embrague y freno de cinta. Esta construido en acero de estandar de calidad naval, engranajes endurecidos para superar los requisitos de carga de trabajo, embrague y frenos de tambor. El embrague puede ser accionado manualmente y teleridigido con cilindros hidráulicos.

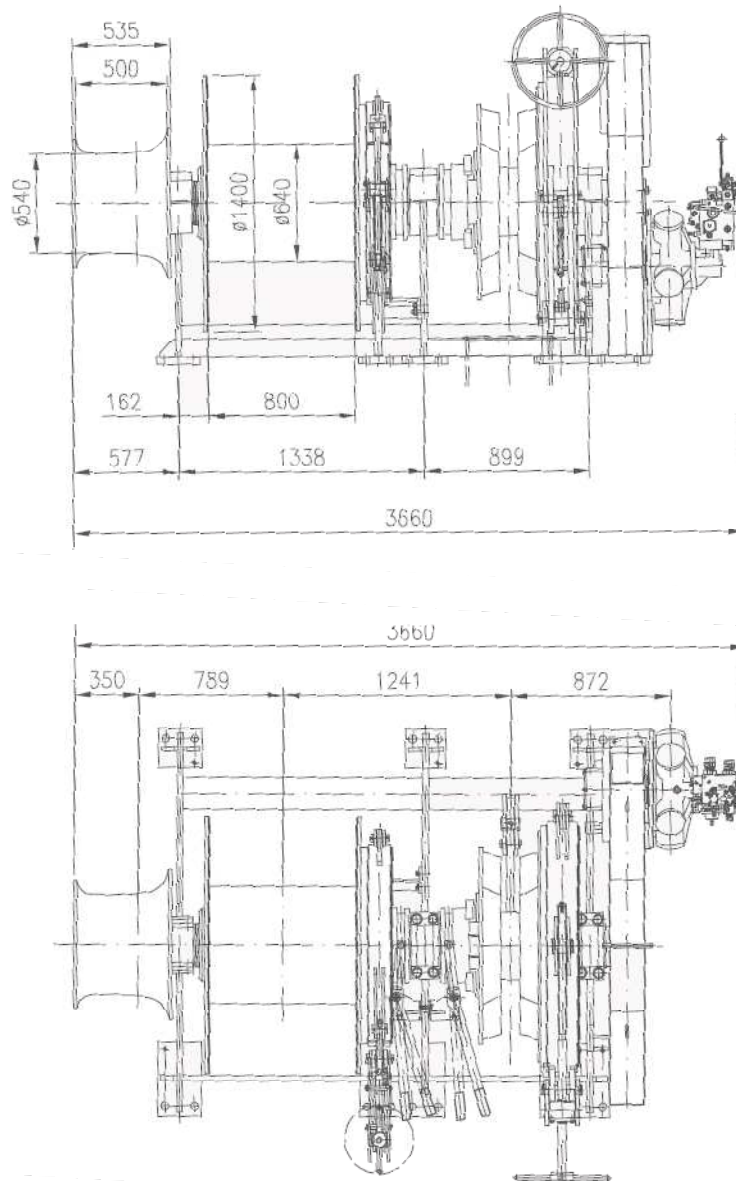
La elección del accionamiento hidráulico frente al eléctrico, es debido a la exposición de la maquinaria eléctrica a un ambiente tan agresivo como es el marino, que produce un envejecimiento excesivo de la misma (teniendo que poner un nivel de protección IP66).

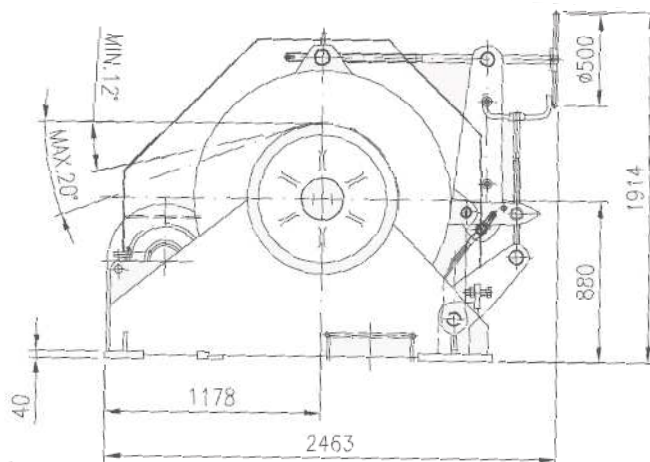


La elección de molinetes monoancla es debida a que con un bi-ancla puede existir problemas en la maniobra de izado y descenso de ancla debido a que va situado en crujía, lo que supone una menor visibilidad de cada banda. Además un bi-ancla tiene un tamaño mucho mayor.

Sociedad de clasificación. Molinete. 3.7, Sección 4, Equipamiento:

La sociedad de clasificación Burea Veritas indica el modo en que se debe disponer el molinete y el modo de unión. La cubierta ha de estar convenientemente reforzada. Por otro lado también indica que el freno del molinete tiene que ser capaz de frenar el ancla en cualquier situación y que debe tener una capacidad de frenado en kN equivalente al 45 % de la carga de rotura de la cadena.





El barboten puede desembragarse del eje del molinete y dejarse frenado permitiendo que el *cabirón* siga trabajando para virar cabos.

Para largar la cadena se dejara libre el eje del molinete, desembragar molinete, permitiendo que el fondeo caiga por su propio peso. Para llevar el ancla es preciso embragar.

#### Pesos:

- Peso aproximado de un molinete 8000 kg

## 2.6. Estopor

Con el fin de hacer firme la cadena del ancla para no dejarla escapar y evitar que dichos esfuerzos recaigan sobre el molinete, se dispondrá entre la bocina del escobén y el barboten del molinete un estopor para cada línea de fondeo. Habitualmente consiste en dos mordazas o un travesaño y son de accionamiento manual.

El estopor va empernado a la cubierta y debe ser capaz de soportar un tiro del 80% de la carga de rotura de la cadena. A su vez, la cubierta deberá estar convenientemente reforzada en esta zona para soportar estas cargas puntuales.

Así mismo, y con el mismo fin que el estopor llevará una boza, que hace firme, momentáneamente, la cadena. Por un lado irá empernada a un cáncamo de la cubierta de proa y por el otro lado llevará un gancho disparador. Una vez sujeto se aprieta el tensor con lo que se asegura que esta queda bien fijada.



## 2.7. Escobenes

El buque dispondrá de dos escobenes, dispuesto simétricamente con respecto a crujía uno a cada banda. El diámetro interior mínimo de la bocina del escobén se puede determinar con la siguiente fórmula empírica:

$$D = d \cdot k$$

Siendo:

- D Diámetro interior de la bocina del escobén (mm)
- d Diámetro nominal de la cadena (mm)
- k Coeficiente que vale 10.4 para d = 25 mm

7.5 para d = 100 mm

Dado que el diámetro de la cadena que lleva el buque proyecto es intermedio a los dados, d= 64mm, interpolaremos para obtener su k correspondiente, es decir:

$$k = \frac{(64 - 25)}{(100 - 25)} \cdot (10.4 - 7.5) + 7.5 = 9.008$$

Con lo que tenemos que el diámetro interior de la bocina del escoben es:

$$D = 64 \cdot 9,008 = 577 \text{ mm}$$

El diámetro obtenido con la formulación anterior, deberá ser comprobado para que sea como mínimo 1.4 veces superior a la parte más saliente del grillete del ancla o arganeo. En el caso de nuestra ancla el arganeo tiene 345 mm, es decir que como mínimo el diámetro interior del tubo del escobén a de ser 483 mm, luego el diámetro calculado es válido y por tanto la bocina del escoben tiene de diámetro interior:

$$D = 577 \text{ mm}$$

Cada escobén contará con tubos de agua a presión para limpieza de la cadena y del ancla.

## 2.8. Caja de cadenas

Existen 2 cajas de cadenas. El volumen ocupado por cada cadena se estima por la expresión siguiente:

$$V = 0,082 \cdot d_c^2 \cdot L_c \cdot 10^{-4} (m^3)$$



siendo

- $d_c$ : diámetro del eslabón de cadena calculado anteriormente (mm)
- $L_c$ : longitud de la cadena (m)

Con lo que el volumen de cada caja de cadenas es de  $10.16 \text{ m}^3$ .

Por comodidad constructiva, las cajas de cadenas serán paralelepípedos y estarán situadas simétricas respecto a crujía.

En la parte inferior se pone un enjaretado de madera, de forma que al estibar la cadena el agua se filtre a través de la madera hacia unos imbornales por donde se evacue ese agua.

## 2.9. Chigres

Para maniobrar amarras se instalarán 2 chigres de accionamiento hidráulico de alta presión, con tambor simple y cabirón.

Para calcular la potencia se tendrá en cuenta el par, la velocidad de giro y el rendimiento mecánico de la máquina.

Tiene importancia fijar la velocidad de recogida de las amarras, cuando estas han sido soltadas de los norays del muelle, con el fin de que la maniobra de desatraque finalice lo antes posible y se evite en todo caso que las amarras se enreden en la hélice. Esta velocidad suele ser del orden de  $30 \text{ m/min}$  y la velocidad con tensión del orden de  $15 \text{ m/min}$ .

A la hora de seleccionar los chigres a instalar, hay que tener en cuenta que su tensión máxima de tiro ha de ser inferior a la tensión de rotura de amarras y si es posible inferior a la de prueba, de este modo se evitara romper amarras.

$$P_{chigre} = \frac{Q \cdot w}{\eta_{MC}} = \frac{Q \cdot v \cdot 1000}{\eta_{MC} \cdot r \cdot 60} = \frac{T(kN) \cdot v(m/min)}{\eta_{MC} \cdot 60}$$

Siendo

- $Q$  el par necesario ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )

$$Q = \frac{T(kN) \cdot r(mm)}{1000} = 60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



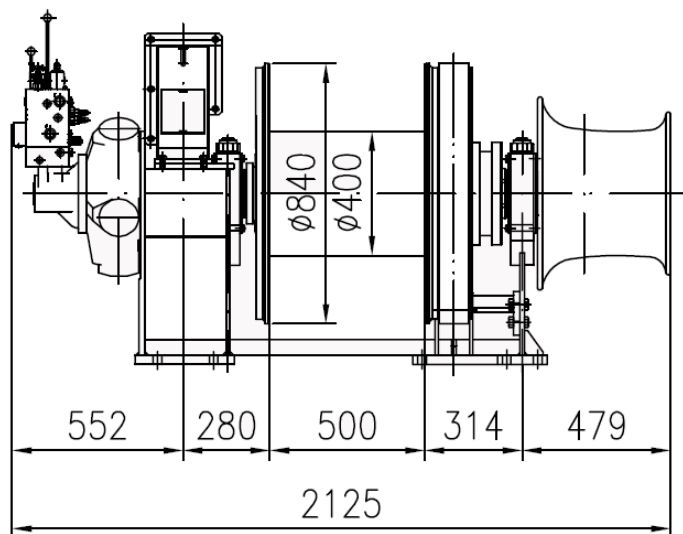
- $T$  es la tensión máxima desarrollada por el cabrestante; carga de rotura dividida por el factor de seguridad<sup>2</sup>, es decir,  $451/1.5 = 300 \text{ kN} = 306 \text{ t}$
- $w$  velocidad angular (rad/s)
- $\eta_{MC}$  rendimiento mecánico 0,6
- $v$  velocidad de recogida (m/min); tomamos 15 m/min
- $r$  radio del tambor del chigre (mm); tomaremos como diámetro del tambor del chigre 400 mm, es decir  $r$  es 200 mm.

Luego la potencia de cada chigre es:

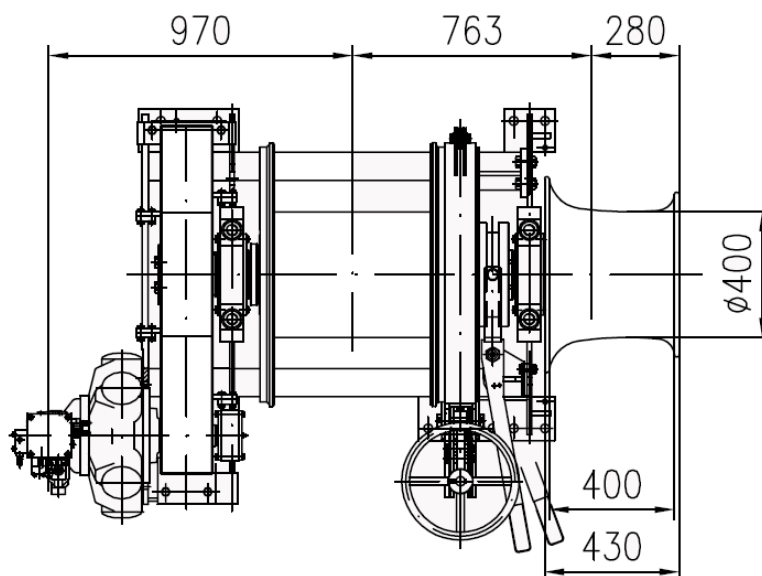
$$P_{chigre} = \frac{300 \cdot 15}{0,7 \cdot 60} = 107 \text{ kW}$$

El peso aproximado de un chigre es 2300 kg.

Dimensiones de chigre con tambor simple y un cabirón:



<sup>2</sup> La Sociedad de clasificación recomienda que tensión de trabajo de los chigres sea inferior a 1,5 veces la tensión de rotura de las amarras.



## 2.10.Bitas, Alavantes y Gateras

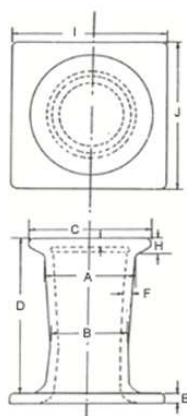
Además de todos los elementos ya mencionados se colocan otros, como son bitas, alavantes y gateras, para el manejo de cadenas y amarras.

El número y situación de las bitas que deben colocarse son elegidas entre el armador y el astillero en función de las necesidades de maniobra del buque. Como norma general, podemos indicar que, para amarre, se suelen colocar cuatro bitas en proa y otras tantas en popa. Independientemente de éstas, se colocan dos o tres bitas de remolque en proa y dos en popa.

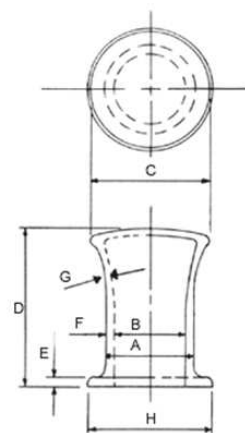
Para evitar que las amarras rocen sobre las cubiertas cuando son operadas desde los cabirones de los molinetes o cabrestantes, se colocan alavantes que, además, sirven para guiarlas en la dirección adecuada hacia estos. Normalmente, se colocan cuatro juegos en proa y otros cuatro en popa.

Las gateras tienen la finalidad de guiar las amarras desde los puntos donde se han hecho firmes, fuera del buque, hasta las bitas colocadas sobre cubierta. Así pues, el número de gateras coincide aproximadamente con el de bitas, salvo en el caso de las gateras de remolque, que se sitúan en los dos extremos de la línea de crujía y que se emplean también para el amarre, pudiendo trabajar con bitas situadas a babor o estribor. En las zonas de maniobra de atraque de proa y popa, se montará un total de cuatro carretes capaces de la estiba de las estachas de amarre.

## Bitas

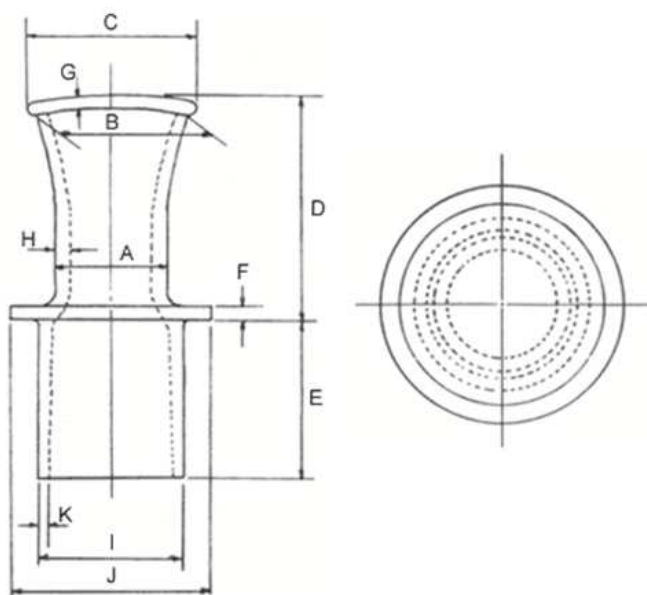


MODEL NO. DF-SB8

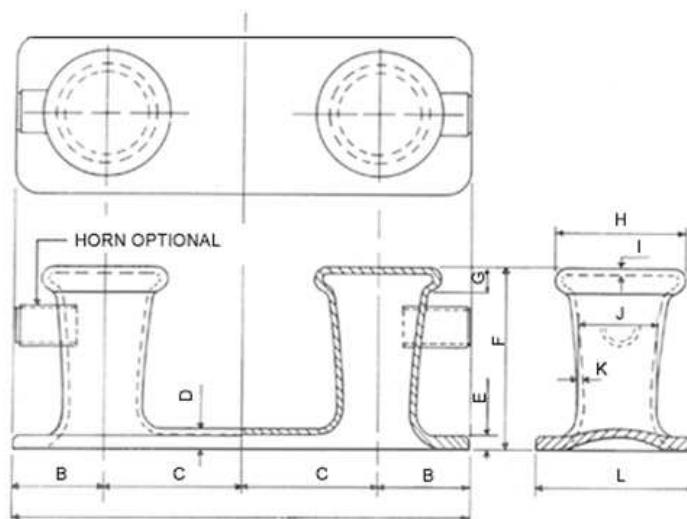


MODEL NO. DF-SB10

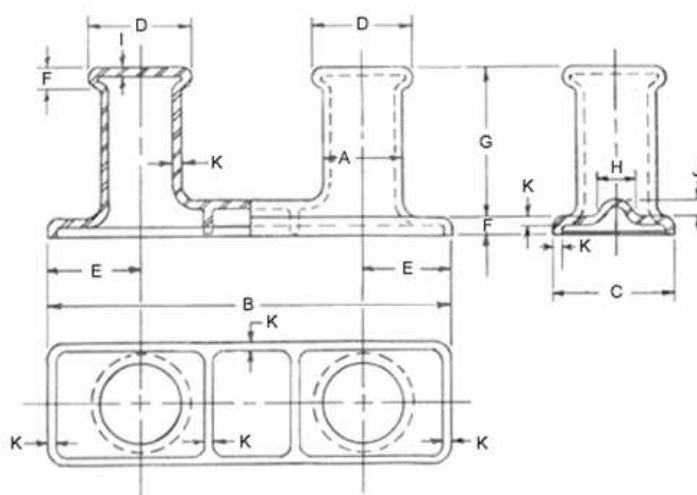
MODEL No.	PART No.	SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	WT. (lbs.)
DF-SB8	87971	8	8	7	11	14 3/4	1 1/4	1	3/4	1 1/2	14	14	160
DF-SB10	20230	10	10	8	13 1/2	18	1	1	3/4	14			190



MODEL No.	PART No.	SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	WT. (lbs.)
DF-530	21555	8	8	10 1/2	12	16	11	1	1	1	10 1/4	14	3/4	260



MODEL No.	PART No.	SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	WT. (lbs.)
DF-2	7005	8	40	8	12	2	1 1/4	16	2	11	5/8	7	5/8	14	320
DF-2A	20281	w/Horn	40	8	12	2	1 1/4	16	2	11	5/8	7	5/8	14	330
DF-40	6858	10	45	9	13 1/2	2 1/4	1 1/4	18	2	13 1/2	3/4	9	1 1/4	15	545
DF-40A	77054	w/Horn	45	9	13 1/2	2 1/4	1 1/4	18	2	13 1/2	3/4	9	1 1/4	15	560



MODEL No.	PART No.	SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	WT. (lbs.)
DF-491	89362	12	12	60	18	15	13 1/2	3	22 1/2	6	1	2	1 1/4	990
DF-498	21164	14	14	66	21	17 1/2	13	3 1/2	26 1/4	7	1	2	1 1/2	1350



## 2.11.Unidades de control hidráulico

El buque dispondrá de dos grupos motobombas hidráulicas que se especifican a continuación:

- Una en un compartimento especial en la parte de proa de la Cubierta Superior (Cubierta Expuesta-Entre Cuadernas 225 a 234) para el accionamiento de los equipos de fondeo y amarre de proa.
- El otro irá en el local que se encuentra entre la CCMM y el local del servomotor (entre las cuadernas 5 y 25) y accionará los equipos de amarre de popa, la rampa de acceso al buque, la rampa móvil de acceso a cubierta expuesta y los chigres de escala real y práctico.

Una línea de conexión entre ambos grupos motobombas permitirá operaciones de emergencia a baja velocidad.

Cada grupo motobomba estará provisto de dos bombas cada una con el 100% de la potencia requerida para su equipo correspondiente.

Los equipos motobomba hidráulicos se arrancan/pararan localmente y estarán provistos de luces indicadoras de funcionamiento, parada de emergencia y alarma de funcionamiento defectuoso en cada cuadro de control.

Potencia necesaria

- Grupo motobomba de proa:
  - equipos de fondeo 2 · 88.0 kW = 176 kW
- Grupo motobomba de popa:
  - equipos de amarre 2 · 107.0 kW = 214 kW
  - hidráulicos de puertas y rampas 190 kW

Peso aproximado de una planta de potencia hidráulica es 1250 kg.



### 3. EQUIPOS DE GOBIERNO

Los equipos de gobierno del buque lo conforman los siguientes elementos:

- Propulsores
- Timón
- Servomotor
- Hélice de maniobra

El estudio del propulsor queda detallado en el documento correspondiente, así como el dimensionamiento de los timones, y la definición de la potencia de los servomotores.

En el presente cuadernillo, se profundizará sobre la definición de los servomotores.

#### 3.1. Servomotores

Se instalarán dos servomotores hidráulicos rotativos de paletas (funcionamiento automático en conexión con el giropiloto), con sobre instrumentación completa y dispositivos de aislamiento según requisitos de los reglamentos (SOLAS Consolidado 2009 Regla II-1/29).

Cada equipo completo constará de:

- Un servomotor de tipo rotativo con válvulas automáticas de seguridad.
- Dos electro-bombas hidráulicas para cada servomotor de 23 kW, provistas de válvula de seguridad. Para cada servomotor, una de ellas alimentada desde el cuadro principal y la otra desde el cuadro de emergencia (que el condiciones normales va alimentado por el cuadro principal).
- Panel de control en el puente de gobierno.
- Columna telemotor con distribuidor incorporado.
- Caja potenciométrica para indicación del ángulo de giro.
- Indicador de grados de tipo panorámico, con tres caras de lectura en el Puente y repetidor en el local del servo. Se dispondrán así mismo dos indicadores a cada lado del Puente.
- Dos arrancadores, para arranque y parada, tanto en el local del servo como en el Puente.

Deberá permitir pasar de 35° a una banda a 35° a la banda opuesta a la velocidad de servicio y su máximo calado en agua salada, y además será capaz de pasar de 35° a cualquiera de ambas bandas a 30° grados a la banda opuesta en menos de 28 segundos.



Se dotará a cada equipo de alarmas asociadas con fallos en el sistema, que serán detectadas en el Puente. Así, entre otras dispondrá de alarmas de fallo en las unidades de potencia, sobrecarga en los motores, presión y temperatura en el circuito hidráulico y otras.

### 3.2. Hélices transversales de maniobra

La facilidad de maniobra es un aspecto esencial en este buque, que está destinado a realizar viajes cortos y de alta frecuencia; las maniobras en puerto suponen una alta proporción del tiempo de operación del buque, por lo que se hace esencial optimizarlas para reducir su tiempo al mínimo posible mediante el empleo de hélices de proa. La existencia de dos líneas de ejes le confiere al buque una gran maniobrabilidad, pero se ha preferido potenciar ésta con la instalación de propulsores transversales en proa.

Disponer una hélice transversal en proa proporciona las siguientes ventajas:

- Buen control lateral, sin provocar movimientos longitudinales.
- Reduce las necesidades de disponibilidad de remolcadores, sobre todo en los espacios muy reducidos.
- Puede ayudar en el gobierno a velocidades muy pequeñas y en navegación en canales y pasos angostos.
- Puede ser utilizada en asistencia de las amarras en circunstancias críticas.
- A baja velocidad, la hélice de maniobra junto con el timón proporciona un momento de giro prácticamente constante.
- En máquina atrás partiendo del reposo, no necesita tanto espacio por la popa y controla bien la proa.
- Ayudar al desplazamiento lateral de la proa en el momento de zarpar o de atracar en puertos comerciales de escaso tamaño

Por otro lado, presenta las siguientes limitaciones:

- Poca eficacia a determinadas velocidades, entre 2 y 5 nudos.
- No son muy eficaces con poco calado por estar cerca de la superficie
- Menos potencia que los remolcadores actuales, y por tanto más lento en su propósito de lograr el giro.





- Requieren constante mantenimiento

La hélice de maniobra a instalar puede ser:

- POR SU SISTEMA DE PROPULSIÓN

- Eléctricas: las más habituales en potencias bajas.
- Hidráulicas: motor hidráulico accionado por una bomba que impele el aceite contenido en un tanque. El sistema de alimentación puede provenir del grupo electrógeno, del motor principal, de la caja de cambios con una toma PTO (en el caso de una hélice de maniobra situada en popa) o de un equipo de potencia.

Tienen la ventaja de ser más ligeros y fáciles de instalar que los eléctricos

- Electrohidráulicas: movida por electrobombas provistas de su propio motor eléctrico.

- POR SU FORMA DE INSTALACIÓN:

- De túnel: se instalan en la tobera que atraviesa transversalmente la proa. Son las más seguras, económicas y fáciles de instalar.

Suelen utilizarse con embarcaciones con calado y volumen en proa, de tal manera que la hélice quede colocada a suficiente profundidad sin que sobresalgan sus palas.

- Retráctiles: escamoteables dentro del casco cuando no se utilizan. Son ligeras y tienen la ventaja añadida de que la hélice se mantiene protegida.





Existen dos tipos: verticales (para embarcaciones con poco calado) y plegables (para montar tanto en proa como en popa).

En cualquiera de los casos habrá que prestar especial atención a la instalación, para minimizar los efectos que ésta pueda tener en el casco del barco en cuanto a la estanqueidad.

El tamaño de la hélice depende del área proyectada del buque, tanto por encima como por debajo de la línea de flotación. Basándose en la experiencia acumulada por diferentes marcas comerciales se propone el siguiente criterio de selección de potencia, basado en la fuerza que ejerce el viento y las corrientes sobre el buque.

Considerando para la obra muerta del buque un empuje de  $8 \text{ kg/m}^2$  y para la obra viva  $15 \text{ kg/m}^2$ , tenemos que la potencia requerida es:

$$P = \frac{A_{om} \cdot 8 + A_{ov} \cdot 15}{3 \cdot 20}$$

siendo:

- $A_{ov}$  : área proyectada de la obra viva;  $1374 \text{ m}^2$ .
- $A_{om}$  : área proyectada de la obra muerta;  $1535 \text{ m}^2$ .

En esta fórmula se ha considerado que 1 kW equivale aproximadamente a 20 kg de empuje y que durante la maniobra la hélice propulsora y el timón proporcionan dos tercios del empuje total requerido.

En base a estas consideraciones tenemos que la potencia necesaria es:

$$P' = 548 \text{ kW}$$

Para este rango de potencias es aconsejable que el accionamiento de la hélice transversal sea eléctrico. Al ser un propulsor de accionamiento eléctrico tenemos que tener en cuenta en rendimiento de este, que es 0,95, por lo que la potencia del motor eléctrico es:

$$P = \frac{P'}{0,95} = 577 \text{ kW}$$

**Las características de una hélice transversal y su túnel de la marca Schottel son:**

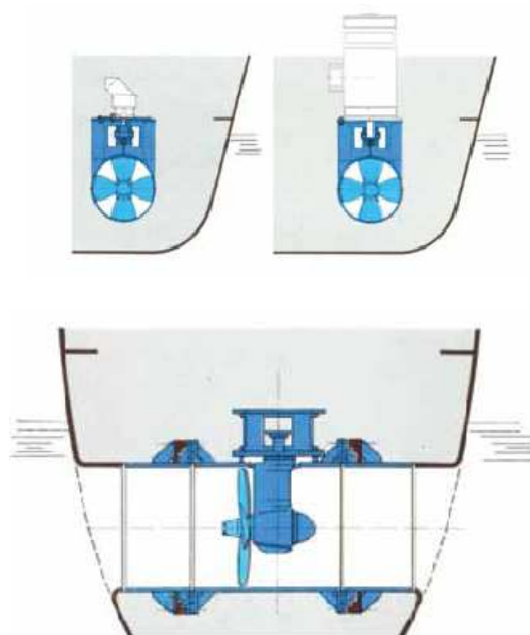
	Potencia máxima de entrada (kW)	rpm	Freq. (Hz)	Túnel $\Phi$ (mm)	Propulsor $\Phi$ (mm)	Espesor del túnel (mm)	Longitud del túnel (mm)	Peso* (kg)
<b>STT 1</b>	600	1470	50	1315	1290	20	1700	3500
	600	1770	60	1315	1290	20	1700	3500

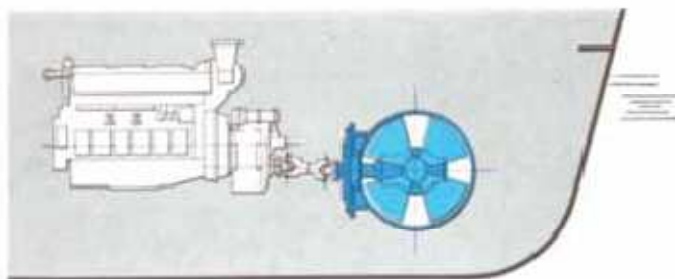
\*Peso dado sin motor

Accionamientos posibles para este modelo:

Acepta tanto instalaciones de accionamiento vertical como horizontal, lo que permite optimizar el alojamiento del motor propulsor, y asegura una instalación económica que economiza espacio.

Están directamente acoplados al eje del motor propulsor, con una transmisión de potencia vía un simple par de engranajes cónicos hasta la hélice. El sentido de rotación de la hélice es reversible, por medio de una caja inversora en el caso de accionamiento por motor diesel, o por inversión de la dirección de rotación del motor en el caso de accionamiento eléctrico o hidráulico.





Se instalara un túnel SCHOTTEL ANTISUCTION TUNNEL (AST), que evita reduce casi a la mitad los efectos de la disminución tan brusca en el empuje efectivo cuando la velocidad del buque está en el rango de 3 a 7 nudos.

#### Datos de mejora:

Velocidad de la embarcación	(kn)	0	2	4	6	8
Mejora	(%)	0	20	40	54	50



#### Alternativa elegida:

Se instalará una hélice transversal de accionamiento eléctrico vertical modelo STT1 y con túnel AST.

El motor eléctrico que acciona la hélice es de corriente alterna y va acoplado a la red de alterna trifásica del buque.

Asimismo el motor posee aislamiento para uso marino, resistencias de calefacción para impedir condensaciones, relés térmicos que paran el motor cuando se sobrecarga y sonda pirométrica que indica sobrecarga por alta temperatura. En caso de fallo de la servobomba se produce la parada



del motor al caer la presión del circuito hidráulico. Los arrancadores son estándar del tipo estrella triangular. El motor eléctrico y todos los componentes deberán someterse a la aprobación del Bureau Veritas.

El conjunto de la hélice está formado por el túnel de servicio, la carcasa de reducción y la hélice de accionamiento. Este conjunto es suministrado en una sola unidad compacta. El túnel de servicio es de acero con rigidizadores de refuerzo en la zona de la hélice. La carcasa del reductor es de hierro fundido de alta calidad. El piñón y las ruedas de engrase cónico – espiral son de acero especial antidesgaste y diseñadas para un funcionamiento silencioso. El eje de la hélice y el eje motriz van montados sobre rodamientos de rodillo. La carcasa lleva un sistema de doble sellado para asegurar su impermeabilización. Las palas de la hélice así como el capacete son de una aleación de bronce, níquel y aluminio.

En cuanto al posicionamiento de los túneles de las hélices hemos seguido las directrices expuestas en el artículo “Design and Performance of Bow Thrusters” de Jhon L. Berevidge. En este artículo, el autor indica una serie de requisitos a satisfacer por el túnel de la hélice transversal y que son los siguientes:

- Debe estar situado a popa del mamparo de colisión, pero lo más a proa posible para obtener un máximo rendimiento.
- De acuerdo con Taniguchi, la longitud del túnel debe estar entre una y dos veces su diámetro, resultando más eficaz a mayor longitud. En el equipo elegido es la longitud del túnel es 1.29 veces el diámetro del mismo.
- La distancia del túnel a la línea de base no debe ser inferior al diámetro.
- La distancia mínima del eje del túnel al calado de carga, incluyendo la condición de lastre, debe ser una vez el diámetro. En toda situación ha de estar sumergida.

Esto le servirá para situar en posición óptima el punto de aplicación de la fuerza de empuje, obteniendo así el mejor rendimiento.

Para que la hélice de maniobra sea un elemento realmente útil, hay que evitar que su disposición siendo la adecuada para su fin no afecte al rendimiento del casco, o en caso de hacerlo que este sea mínimo, es decir se debe evitar que la instalación de la misma suponga una resistencia añadida.



*Buque CON-RO/RO*

*Proyecto nº10 2008-2009*

*Cuaderno 8: Equipos y servicios*

En el rasante del túnel con el forro se instalaran rejillas para evitar incrustaciones y entrada de objetos que puedan causar daños al equipo.

En el Plano de Disposición General del Buque, podemos ver el posicionamiento de los túneles de las hélices.



## 4. EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA

Este servicio incluye todos los sistemas y equipos relacionados con la carga del buque proyecto, diseñados de forma que permitan la carga y descarga de los vehículos en el menor tiempo posible, reduciendo al máximo el tiempo de estancia en puerto.

### 4.1. Rampa de acceso

El acceso de carga a la cubierta principal se realiza directamente desde el muelle a través de una puerta/rampa de popa, operada mediante cilindros hidráulicos, provista de faldillas interiores/exteriores.

Cuando el portalón se encuentre en posición vertical, actuará como puerta estanca a la intemperie. Dicha estanquidad entre puerta y casco se logra mediante una frisa de goma y trincas accionadas hidráulicamente.

Será capaz de soportar el acceso simultáneo de dos vehículos articulados con un peso unitario de 45t, de las cuales 6t pertenecen a la cabeza tractora, con una carga máxima de 15 t/eje.

Esta rampa dará acceso al total de la cubierta, con una anchura de 17 m y una longitud aproximada de 16 m, de los cuales 2 m corresponden a las uñas que se apoyan sobre el muelle. La rampa funciona con una pendiente máxima de 7° en condiciones de carga y lastre cuando las uñas se encuentren apoyadas en el muelle, una escora de  $\pm 3^\circ$  y asiento de 1,5°.

La rampa/puerta de popa estará construida con acero de alta resistencia resistencia a la tracción AH36.

Los ejes y pernos expuestos a la intemperie serán de acero inoxidable.

Los vastagos de los cilindros estarán protegidos con cromado de 2 x 25. Los vastagos de los pistones de los cilindros de trincanaje serán de acero inoxidable.

Donde sea necesario se dispondrán casquillos de bronce y engrase mediante boquillas fácilmente accesibles.

La rampa se accionará desde la Cubierta Principal y Cubierta Superior. En el Puente se instalarán indicadores de apertura/cierre.

El tiempo de operación desde la posición horizontal hasta la de estiba será de 4 minutos aproximadamente excluyendo el trincado.

La rampa será antideslizante mediante barras de acero soldada paralelamente, o en forma de espiga o utilizando un revestimiento Bimark o similar.

## 4.2. Rampas de acceso a bodega

Los vehículos acceden a la bodega a través de una rampa fija situada en estribor (entre las cuadernas 92 y 156), teniendo esta una anchura de 3 m y una pendiente de 8°. Sobre esta rampa se permite la estiba de vehículos, de modo que se minimice la pérdida de espacio de carga.

Dado que la cubierta principal será nuestra cubierta de francobordo, toda abertura dispuesta en la misma deberá ser estanca al agua. Para lograr dicha estanquidad se instalara en la cubierta principal, un sistema de cierre mediante cubierta abatible con bisagras laterales accionadas por hidráulicos. Estas cubiertas-puerta una vez cerradas permiten que se cargue camiones como si de una cubierta normal se tratará. Tiene la gran ventaja no necesitar espacio para su estiba.

A continuación se muestra fotos de buques que cuentan con rampa fija provista de cubierta-puerta.







#### 4.3. Rampa de acceso a cubierta expuesta

Aunque la cubierta expuesta tiene como fin portar contenedores, se dispondrá una rampa móvil de cierre estanco a la interperie de 3 m de ancho con una pendiente de 8 grados que permita dar acceso a dicha cubierta a los vehículos. Esta rampa estará dispuesta en babor entre las cuadernas -6 y 61.

Será capaz de soportar el acceso simultáneo de dos vehículos articulados con un peso unitario de 45t, de las cuales 6t pertenecen a la cabeza tractora, con una carga máxima de 15 t/eje.

#### 4.4. Unidades de control hidráulico

La unidad de control hidráulico de las rampas viene especificada en el punto 2.11 de este cuadernillo.

#### 4.5. Sala de control de carga

La Sala de Control de Carga está dispuesta en la banda de babor, sobre la Cubierta Principal y entre las cuadernas 28 y 46, cerca por lo tanto de la rampa de acceso.

#### 4.6. Computadora de embarque de carga

El buque dispondrá de una computadora de carga con programas para cálculo de calados, asientos, esfuerzos, GM. Se recomienda que cumpla con la Circular MSC/Circ.891 y se vea también las reglas unificadas de las





*Buque CON-RO/RO*

*Proyecto nº10 2008-2009*

*Cuaderno 8: Equipos y servicios*

IACS dispuestas a tal fin (UR L5/Rev.2/Corr.1 – Computadoras a bordo para el cálculo de estabilidad).



## 5. ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE LA CARGA

Aunque no existe una normativa específica en lo que se refiere a la estiba y amarre de los trailers, sí existen una serie de usos y costumbres muy extendidos, que garantizan la seguridad en el transporte de carga rodada. La estiba de los trailers se realiza por medio de la plataforma rodante sobre la que se lleva la carga, por lo que solo tiene importancia el equipo de amarre que estará integrado por los siguientes elementos:

- Anclajes avellanados soldados sobre la cubierta, empleados para fijar en ellos las cadenas de trinca.
- Cadenas de trinca
- Bozas con tensores de cadena.
- Calzos para ruedas.
- Caballete para apoyo de trailers.



## 6. EQUIPOS DE VENTILACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN

### 6.1. Equipos de ventilación

En este apartado se distingue; ventilación de locales, zonas de carga y espacios de máquinas.

#### 6.1.1. Ventilación de compartimentos de carga

Para la ventilación de las zonas de carga se prevé la ventilación mecánica y exhaustación en base a la Regla II-2/20 del SOLAS. Véase también la circular [MSC/Circ.729](#) - Directrices de proyecto y recomendaciones operacionales para los sistemas de ventilación de los espacios de carga rodada

El sistema de ventilación ha de estar diseñado de tal modo que sea capaz de realizar 10 renovaciones a la hora en navegación y 30 renovaciones a la hora durante las operaciones de carga y descarga.

El garaje superior, sobre cubierta principal, tiene un volumen de 17134 m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta que en la situación más estricta es necesario poder dar 30 renovaciones hora, tenemos que se necesita un sistema de ventilación capaz de aportar 514020 m<sup>3</sup>/h.

Análogamente, teniendo en cuenta que el volumen de la bodega, garaje inferior, es de 6800 m<sup>3</sup>, tenemos que para llevar a cabo 30 renovaciones será necesario disponer un sistema de ventilación capaz de aportar 204000 m<sup>3</sup>/h.

Para poder cubrir estas demandas se instalará en el:

- **Garaje superior:** se dispondrá de
  - **8 impulsores a proa de la cubierta;** cada uno tendrá un caudal máximo igual a 64300m<sup>3</sup>/h, con un consumo eléctrico de 9 kw por unidad y peso aproximado de 156 kg.
  - **5 impulsores/extractores en la eslora media** de la cubierta; cada uno tendrá un caudal máximo igual a 72000m<sup>3</sup>/h, con un consumo eléctrico de 15 kw por unidad y peso aproximado de 173 kg.
  - **8 extractores a popa de la cubierta** cada uno tendrá un caudal máximo igual a 64300m<sup>3</sup>/h aproximadamente, con un consumo eléctrico de 9 kw por unidad y peso aproximado de 156 kg.



- **Garaje inferior:**

- **8 impulsores a proa de la cubierta;** cada uno tendrá un caudal máximo igual a  $25500\text{m}^3/\text{h}$ , con un consumo eléctrico de 3,5 kw por unidad y peso aproximado de 56 kg.
- **8 extractores a popa de la cubierta;** cada uno tendrá un caudal máximo igual a  $25500\text{m}^3/\text{h}$ , con un consumo eléctrico de 3,5 kw por unidad y peso aproximado de 56 kg.

En el sistema de ventilación de los espacios de carga, los conductos serán estructurales, provistos de rejilla, defensas, cierres cortafuegos, etc. Las cajas de ventilación dispuestas en la cubierta superior estarán provistas de silenciador y válvula de cierre con activación remota desde el puente.

### 6.1.2. Ventilación de Cámara de Maquinas.

Para obtener buenas condiciones de funcionamiento en la Cámara de Máquinas y para asegurar un funcionamiento libre de averías de todo el equipo/maquinaria se deberá instalar un adecuado sistema de ventilación. La ventilación de la Cámara de Máquinas cumple tres funciones principales:

- Suministrar a los motores y calderas el aire necesario para poder funcionar.
- Renovar el aire de forma que existan unas condiciones de habitabilidad aceptables para la tripulación.
- Refrigerar en cierta medida a los equipos instalados, al mantener la temperatura del aire por debajo de una cierta temperatura máxima.

El emplazamiento de las tomas de aire de la cámara de máquinas será de tal forma que no puedan proyectarse sobre ellas chorros de agua, polvo y gases de exhaustación y por tanto no puedan introducirse en los conductos de ventilación.

El aire que entra en la cámara de máquinas debe estar libre de partículas de agua, polvo, arena, partículas de humo de los gases de exhaustación, etc. El sistema es independiente del sistema de climatización de la habitación y ventilación de otros locales. Se distribuye de manera uniforme el aire en la cámara de máquinas.



Los conductos estructurales de ventilación están contruidos con chapa pintada de acero soldada a los mamparos y de un espesor adecuado. Los conductos no estructurales se fabricarán con plancha de aceró galvanizado de 1, 1.5 y 2 mm de espesor, dependiendo si la mayor medida del conductor es inferior a 500 mm, entre 500 y 750 mm o superior a este último valor respectivamente. Junto con estas características principales, existen una serie de requisitos que se deben cumplir:

- Ninguna tubería que pueda contener líquidos inflamables deberá estar próxima a los filtros de entrada.
- La caída de presión de diseño recomendada en el sistema de filtración externo debe ser como máximo de 10 *mbar*.
- La máxima concentración de polvo después del sistema de filtración externo no debería exceder de 3,0 *mg/m<sup>3</sup>* de aire.
- Se mantiene una sobrepresión de 0,5 *mbar* en el ambiente de la cámara de máquinas para facilitar la admisión de los motores y calderas.

Para los requerimientos mínimos de ventilación de Cámara de Máquinas ver la normativa ISO 8861.

**A continuación se especifica todos aquellos detalles y cálculos que se han llevado a cabo para dimensionar el sistema de ventilación de Cámara de Maquinas.**

### 6.1.2.1. Cálculo de ventilación

#### Necesidad de aire de combustión

##### 1. Motores Principales

El motor principal obtiene el aire necesario para la combustión de la cámara de máquinas a través del filtro situado en la admisión de la turbosoplante, que consiste en una turbina movida por los gases de escape. El aire es enfriado y comprimido para aumentar la capacidad de combustión.

La temperatura del aire de combustión debe mantenerse entre 15 °C y 45 °C. Se debe suministrar aire en exceso, para evitar una situación puntual de subalimentación, lo cual provocaría una mala combustión.



El consumo de aire de combustión, según el Project guide del motor, es de 10,15 kg/s (36540 kg/h). Por lo tanto, la cantidad de aire que es necesario introducir para la combustión es:

$$Q_{aire} = \frac{M_{aire}}{\rho_{aire}}$$

Siendo:

- $Q_{aire}$ : caudal volumétrico de aire a introducir en C.M para consumo de aire de combustión (m<sup>3</sup>/h)
- $M_{aire}$ : caudal másico de aire a introducir en C.M para consumo de aire de combustión (kg/h)
- $\rho_{av}$ : densidad del aire (1,13 kg/m<sup>3</sup>)

Teniendo en cuenta la necesidad total, 2 motores, tenemos que:

$$Q_{aire} = \frac{2 \cdot M_{aire}}{\rho_{aire}}$$

Con ello, el caudal de aire de combustión para los motores principales es 64673 m<sup>3</sup>/h.

## 2. Motores Auxiliares

Para el cálculo de aire de combustión se considera que el motor sobrealimentado necesita del orden de 7.7 m<sup>3</sup> por cada kW y hora.

$$7.7 \frac{\text{m}^3}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 1000 \text{kW} = 7700 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Necesidad de aire de refrigeración

### 1. Motores Principales y Caldera

Como ya se ha dicho, el aire introducido en la cámara de máquinas sirve también para disipar el calor radiado por los diferentes equipos.

La cantidad de aire requerido para refrigeración se calcula a partir del calor emitido “Q” que es necesario evacuar.

Para determinar “Q” se deben considerar todas las fuentes de calor de este local:



1. M.M.P.P y M.M.A.A
2. Tuberías del Sistema de gases de exhaustación
3. Alternadores
4. Instrumentos eléctricos y Sistemas de iluminación
5. Calderas
6. Tuberías de vapor y de condensación

Se recomienda considerar una Temperatura del aire en cámara de máquinas mayor o igual a 35 grados Celsius y una elevación de temperatura de 11 grados Celsius del aire de ventilación.

El caudal de aire necesario para disipar una determinada cantidad de energía calorífica viene dado por la siguiente expresión:

$$q = \frac{Q}{\rho_{avr} \cdot \Delta t_{CM} \cdot c} \cdot 3600$$

siendo:

- $q$ : caudal de aire requerido ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $Q$ : calor necesario a evacuar (kW)
- $\rho_{av}$ : densidad del aire de ventilación ( $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ )
- $\Delta t_{CM}$ : diferencia de temperaturas entre cámara de máquinas y aire exterior utilizado para la ventilación ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $c$ : calor específico del aire ( $1.01 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ )

El calor radiado por cada uno de los Motores Principales es de 227 kW según especificaciones del fabricante.

En el servicio de vapor, las pérdidas por radiación, fugas y otros conceptos se estiman en un 3 % de la potencia térmica de caldera (dicha potencia es de 1518322kcal/h≈1756kW).

Por tanto el calor generado es:

- |                                |                 |              |
|--------------------------------|-----------------|--------------|
| - Motores Principales          | 2 x 227 kW =    | 454 kW       |
| - Caldereta de gases de escape | 0.03 x 1756 kW= | <u>53 kW</u> |
|                                |                 | 507 kW       |

Considerando una diferencia de temperaturas de 10 °C, el caudal de aire necesario queda:

$$CA_{\text{evacuación calor}} = \frac{Q}{\rho_{\text{ap}} \cdot \Delta t_{\text{CM}} \cdot c} \cdot 3600 = 150000 \frac{m^3}{h}$$



## 2. Motores Auxiliares

Para el cálculo del calor radiado y conveccionado se considera como un 1.2 % de la potencia nominal de los motores. En el caso de los alternadores, las pérdidas se estiman en un 8 % de la potencia eléctrica generada.

Teniendo en cuenta esta aproximación y la situación más condicionante, es decir, en entrada en puerto, se obtiene el siguiente resultado:

Motores Auxiliares (1 en marcha):  $760 \cdot 0,012 = 9 \text{ kW}$

Alternadores (2PTO's+Alternador acoplado a Motor Auxiliar):

$$(750 \cdot 2 + 730) \cdot 0.08 = 178 \text{ kW}$$

Siendo el calor total generado:

$$Q = 187 \text{ kW} = 160783 \text{ kcal/h}$$

El caudal necesario para evacuar este calor será:

$$CA_{\text{evacuación calor}} = \frac{3 \cdot Q_g}{(T_m - T_e)} = \frac{3 \cdot 160783}{10} = 48245 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Necesidad de aire de renovación

El número de renovaciones por hora del local depende del volumen del mismo. A continuación se presenta una formula recomendada para calcular el número de renovaciones en función del volumen del local:

$$R/h = -0.0009 \cdot V + 27.259$$

Si el local contiene motores, es conveniente añadir 2 renovaciones/hora por cada motor.

El volumen de la cámara de máquinas es 3060 m<sup>3</sup>, por lo que se necesitarán 27 R/h.

El caudal para aire de renovación será 82620 m<sup>3</sup>/h.





### 6.1.2.2. Resumen de Sistema de ventilación de Cámara de Maquinas

Recopilando los cálculos obtenidos en los apartados anteriores, tenemos que:

#### Necesidad de aire para combustión:

Motores Principales:  $CA_{combustiónMMPP's} = 64673 \text{ m}^3/\text{h}$

Motores auxiliares:  $CA_{combustiónMMAA's} = 7700 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Necesidad de aire de refrigeración:

Motores Principales y caldera:  $CA_{evacuación calor} = 150000 \text{ m}^3/\text{h}$

Motores auxiliares:  $CA_{evacuación calor} = 48245 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Necesidad de aire de renovación:

$$CA_{evacuación calor} = 82620 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se instalarán cuatro impulsores centrífugos axiales eléctricos de 88310 m<sup>3</sup>/h con una presión de 50 mmca y 12,5 kW por unidad, de tal modo que cubran las necesidades de aire para combustión, evacuación de calor y renovación de aire de Cámara de Maquinas, siendo necesaria según los cálculos del apartado anterior una capacidad conjunta de 353238 m<sup>3</sup>/h.

Por otro lado, en lo referente a la extracción, se debe tener en cuenta que el aire suministrado para la combustión sale de la cámara de máquinas por sus propios conductos y, por tanto, las necesidades de extracción se reducen al caudal suministrado para la evacuación de calor y el de renovación, es decir se necesita una capacidad conjunta igual a 280865 m<sup>3</sup>/h. Así pues, se instalarán en la parte alta de la cámara de máquinas cuatro extractores centrífugos de 70216 m<sup>3</sup>/h, 50 mmca de presión diferencial y 10 kW de potencia por unidad.



### 6.1.2.3. Ventilación en otros compartimentos

#### Local de hélice de proa

La admisión de aire en este local se realizará por ventilación mecánica mediante un impulsor capaz de renovar el aire 10 veces por hora. Dicho ventilador tendrá una potencia de eléctrica de 2.5 kW. La extracción será también mecánica, mediante un extractor capaz de renovar el aire 10 veces por hora y también con una potencia de 2.5 kW. Los ventiladores están dispuestos sobre la cubierta expuesta en un local comprendido entre las cuadernas 230 y 234, contiguo al local de la unidad hidráulica.

#### Sala de generadores de emergencia

En esta local se instalará un ventilador para impulsión de aire con la capacidad oportuna, considerando el consumo de aire del motor diesel, la disipación de calor y un número de renovaciones igual a 20. Dicho impulsor eléctrico tiene una potencia eléctrica igual a 0.70 kW. La extracción será natural forzada por la sobrepresión producida por el ventilador impulsor.



## 7. EQUIPOS DE SALVAMENTO

Los buques deben de disponer a bordo del equipo de salvamento adecuado para asegurar un eficaz abandono del buque en situaciones de emergencia y permitir posteriormente su supervivencia en condiciones seguras gracias a su alojamiento en embarcaciones apropiadas.

De acuerdo con lo expresado en el Convenio SOLAS, Capítulo III, Partes A y C, se debe dotar al buque de los equipos siguientes:

El equipo de salvamento de un buque lo constituyen:

- Embarcaciones de supervivencia
  - .1. Botes salvavidas y su dispositivo de puesta a flote
  - .2. Balsas salvavidas y su dispositivo de puesta a flote
  - .3. Botes de rescate y su dispositivo de puesta a flote
- Dispositivos individuales de salvamento
  - .1. Chalecos
  - .2. Aros salvavidas
  - .3. Trajes de inmersión y ayuda térmica
- Dispositivos de comunicaciones
  - .1. Señales, radiobalizas y aparatos radiotelefónicos

Con independencia de lo anterior, el buque dispone de puesto de reunión, señalización de rutas de escape, y cuadros de instrucciones adecuados.

### 7.1. Embarcaciones de supervivencia

SOLAS Regla III/31 (consolidado 09).

- **Dos (2) botes salvavidas**, uno a cada banda, con una capacidad para 25 personas cada uno; el buque contará con dos botes salvavidas totalmente cerrados que cumplan lo prescrito en la sección 4.4 y 4.6 del Código IDS (Código Internacional de Dispositivos de Salvamento) y cuya capacidad conjunta en cada banda baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo; y

Dichos botes serán de plástico reforzado y estará equipado cada uno de ellos con una unidad propulsora de motor diesel refrigerado por agua. Alcanza una velocidad de 6 nudos y tiene una autonomía para navegar a plena carga y a 6 nudos durante al menos 24 horas.



NOREQ LBT 525; capacidad para 25 personas				
Eslora	Manga	Puntal	Peso	Carga Pescante
5.25 m	2.30 m	3.05m	2312 kg	4187kg

En el anexo se adjunta planos de este bote.

**Estiba y puesta a flote:** La estiba de los botes salvavidas deberá cumplir con lo prescrito en la Regla III/13 y III/33. En lo referente a la puesta a flote y recuperación serán necesario tener en cuenta la Regla 10 y el Capítulo VI del Código IDS en lo referente a los Dispositivos de puesta a flote y embarque.

El pescante está diseñado de acuerdo con los requisitos OMI / SOLAS, Código LSA y la Directiva 96/98 del Consejo Europeo, sobre equipos marinos (MED). Todo el equipo está integrado dentro de la estructura del pescante.

La puesta a flote de los botes salvavidas se realiza con su correspondiente pescante. A continuación se muestra una foto del sistema completo.

El pescante soporta 230 kN de carga.



- **Dos (2) balsas salvavidas** autoinflables lanzables homologadas de acuerdo a SOLAS 74 capítulo III y enmiendas y conforme a la Directiva Europea de Equipos Marinos con capacidad para 25 personas cada una; tiene que llevar dos balsas salvavidas dado que el peso de una balsa salvavidas de capacidad para 25 personas está entre 180 y 205 kg lo cual dificulta el traslado entre bandas.

#### Balsa salvavidas SOLAS Durrty



Capacidad	Contenedor	Largo	Ancho	Alto	Peso
25 personas	Cilíndrico	1500	740	740	186

Estas balsas incluye el pack de supervivencia SOLAS tipo "A", constituido por:

- 1 guía flotante
- 1 cuchillo flotante (2 para >16 plazas)
- 1 achicador (2 para >16 plazas)
- 2 esponjas
- 2 anclas flotantes
- 2 zagüales
- 1 botiquín primeros auxilios
- 1 silbato homologado
- 4 cohetes con paracaídas

- 6 bengalas de mano
- 2 señales fumígenas flotantes
- 1 linterna eléctrica homologada
- 1 reflector de radar
- 1 espejo de señales
- 1 tabla de señales
- 1 juego aparejos pesca
- 1 ración alimenticia por plaza
- 1,5 l de agua por plaza
- 1 vaso inox.
- 6 tabletas antimareo por plaza
- 1 manual de instrucciones
- 1 manual de instrucciones inmediatas
- 2 ó 3 ayudas térmicas
- 1 bolsa mareo por plaza
- 1 cuchillo de muelle (>12 plazas)
- 1 estuche de reparaciones
- 1 fuelle
- **Un (1) bote de rescate** con capacidad para 6 personas, 5 personas sentadas y una tumbada. Tiene capacidad de combustible para 4 horas. Dichos botes cumplirán la Regla 47 del Capítulo III del Convenio SOLAS.



NOREQ FRB 610; capacidad para 6 personas						
Eslora	Manga	Puntal	Peso	Car. Pesc	Velocidad	Tiro
6.10 m	2.20 m	2.35m	1037 kg	1487 kg	25 Knots	3.6 kN

**Pescante del bote de rescate:** El péscate NPD de NOREQ está diseñado de acuerdo con los requisitos OMI / SOLAS, Código IDS y la Directiva 96/98 del Consejo Europeo, sobre equipos marinos (MED). Todo el equipo está integrado dentro de la estructura del pescante.

La serie Noreq NPD pescantes están específicamente diseñados para un segura y eficaz de lanzamiento y recuperación de los botes de rescate. Está preparado para aguantar las duras condiciones marinas.

El lanzamiento del bote salvavidas se realiza ya sea desde el interior del barco o de unidad de control remoto.

El pescante soporta 35 kN de carga.



## 7.2. Dispositivos individuales de salvamento

- **Doce (12) aros salvavidas:** Este es el número mínimo de aros salvavidas que debe llevar un buque de carga de eslora comprendida entre 150 y 200 metros, como es el buque proyecto, según la Regla 21 del Capítulo III del Convenio SOLAS. Estos aros que cumplirán las especificaciones recogidas en la Regla 31 del Capítulo III del SOLAS, estarán distribuidos de modo que estén fácilmente disponibles a ambas bandas del buque y estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente y no sujetos por elementos de fijación permanente.

En cada banda del buque se colocará un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante que cumplirá con lo prescrito en la regla 31.4. La longitud de la rabiza será igual al doble de la longitud de la altura de estiba del aro y en ningún caso inferior a 30 metros.

Seis de esto aros salvavidas, en cumplimiento con la Regla 7.1.3 del Capítulo III del SOLAS irán provistos de artefactos luminosos de encendido automático que funcionan con batería. De estos seis, dos (2) contarán con señales fumígenas y dispondrán de suelta rápida desde el puente de navegación. Ninguno de estos aros serán los que dispongan de rabiza flotante.



## En resumen:

- 4 aros con artefacto luminoso de encendido automático provistos de batería
- 2 aros con artefacto luminoso de encendido automático provistos de batería y señales fumígenas. Deben estar provistos de suelta rápida desde puente de navegación.
- 2 aros con rabiza flotante de longitud la altura de estiba. Longitud mínima 30 metros.
- 4 aros estándar

## Características de los elementos:

Todos los aros salvavidas tienen 4 bandas reflectantes, estructura de material plástico (polietileno de alta densidad), relleno de espuma de poliuretano de célula cerrada y con las siguientes dimensiones:

- Diámetro ext.: 75 cm.
- Diámetro int.: 44 cm.

La rabiza del aro salvavidas tiene un diámetro 8 mm y longitud 30 metros.

Señal fumígena flotante homologada (bote de humo); Una vez activado emite una columna de humo color naranja, visible a gran distancia. Tiene una duración de 3 minutos.



- **Treinta (30) chalecos salvavidas;** según la regla 7.2 del Capítulo III del reglamento SOLAS, el buque dispondrá de 1 chaleco salvavidas por persona (25 chalecos) más un 10% del número de pasajeros en chalecos salvavidas para niños o uno por niño a bordo si este es mayor y más chalecos suficientes para realizar la guardia y para utilización en los puestos de supervivencia muy distantes.



Los chalecos salvavidas se colocarán de modo que sean fácilmente accesibles y su emplazamiento estará claramente indicado. Se almacenarán en cajas o bancos de plástico reforzado con fibra de vidrio (GPR). Cuando a causa de la disposición especial del buque los chalecos salvavidas provistos de conformidad con lo prescrito en el párrafo 2.1 del Capítulo III del reglamento SOLAS resulten inaccesibles, se tomarán otras medidas que la Administración juzgue satisfactorias, como por ejemplo un aumento del número de chalecos salvavidas que se han de llevar.

En resumen:

- 27 chalecos para adultos, de los cuales 1 se estibará en el puente y otro en la cámara de control de máquinas
- 3 chalecos para niños

#### Características:

Chalecos autoinflable Tempest SOLAS con luz, arnes y mecanismo UML. Abordo irán 25 chalecos de este modelo.



- Homologación SOLAS para uso en alta mar
- Flotabilidad de 275 N, para uso en alta mar vistiendo ropa de protección pesada contra el mal tiempo.
- Doble cámara con funda nylon.
- Con arnés para sujeción y rescate.
- Tipo collar: máxima movilidad y comodidad.
- Posibilidad de inflado oral o autoinflado mediante mecanismo UML, de accionamiento manual o automático.

Características del mecanismo de autoinflado de accionamiento automático:

- Accionamiento por disolución de pastilla en el agua (mecanismo UML).
- Sistema de protección contra rociones, para evitar un inflado indeseado.
- Sólo se activa en caso de caída al agua.
- Bombonas de CO2 de recambio disponibles.
- Mecanismos de recambio UML disponible.

Chalecos Atlantic-1, homologado IMO-SOLAS para la navegación en cualquier zona y en cualquier categoría de buque sin limitación. La luz se enciende por inmersión, emitiendo destellos durante 8 horas. Provista de clip. A bordo irán 2 chalecos de para adulto de este modelo (los que van en puente y cámara de maquinas) y 3 para niño.



- **Cuatro (4) trajes de inmersión;** por cada bote salvavidas se designan dos tripulantes. Cada tripulante ha de disponer de un traje de inmersión de su talla según Regla 21.4.2 del Capítulo III del SOLAS.

### 7.3. Dispositivos de comunicaciones

- **Tres (3) aparatos portátiles radiotelefónicos bidireccional de ondas métricas** (buque de arqueo bruto superior a 500 Tons). Párrafo 2.1 de la Regla 6 del Capítulo III del SOLAS 74/78, consolidado 09.
- **Dos (2) respondedores de radar.** Irán situado uno a cada banda y estibados en lugares desde los que se pueda colocar rápidamente en cualquier embarcación de supervivencia o estibar un respondedor radar en todas las balsas. Párrafo 2.2 de la Regla 6 del Capítulo III del SOLAS 74/78, consolidado 09.
- **Doce (12) cohetes lanzabengalas con paracaídas** que cumplan lo prescrito en la sección 3.1 del Código, estibados en el puente de



*Buque CON-RO/RO*

*Proyecto nº10 2008-2009*

*Cuaderno 8: Equipos y servicios*

navegación o cerca de éste. Párrafo 3 de la Regla 6 del Capítulo III del SOLAS 74/78, consolidado 09.

- **Un (1) aparato lanzacabos:** Regla 18 del Capítulo III del SOLAS 74/78, consolidado 09.



## 8. ARMAMENTO, INTALACIONES Y HABILITACIÓN

### 8.1. Equipos de servicio de hotel y fonda

El equipo de fonda y hotel del buque lo constituye el conjunto de instalaciones, locales y elementos dispuestos para cubrir adecuadamente las necesidades de manutención de todo el personal de a bordo.

El equipo de fonda y hotel lo constituyen las siguientes instalaciones:

- Cocina y Oficinos
- Gambuzas secas
- Gambuzas frigoríficas
- Lavandería

#### 8.1.1. Equipo de Cocina y Domestico

La cocina constituye el centro neurálgico de toda esta instalación y sobre ella confluyen los diferentes canales de distribución tanto de los provenientes de los locales almacén (gambuzas) como los que fluyen con los alimentos preparados a las diferentes dependencias (comedor y oficinas).

La disposición de la cocina y sus anexos constituye uno de los aspectos más interesantes e importantes de la habilitación del buque, y por ello su instalación y equipamiento debe ser analizada profundamente y con el máximo rigor.

En la cocina se instalarán muebles adecuados, forrados de chapa de acero inoxidable. En la parte baja de los muebles se dispondrán alacenas, cajones y estanterías. Los muebles se montarán sobre soportes adecuados que los separen del piso, a fin de facilitar la limpieza.

La cocina estará equipada con los siguientes elementos:

- Un fregadero de acero inoxidable, con dos senos, escurridores laterales, así como servicio de agua potable caliente y fría, con triturador de basuras en las descargas.
- Una cocina eléctrica con 2 hornos y 6 placas.
- Una freidora eléctrica de 9 kW
- Una mezcladora eléctrica con capacidad para 60 litros.
- Un horno eléctrico de convección (tipo combo)
- Una nevera de acero inoxidable de 1000 litros.



- Un congelador de 500 kg
- Una peladora de patatas de 10-15 kg de carga
- Una parilla
- Un lavavajillas
- Un baño maria de acero inoxidable
- Una exprimidora
- Una mesa caliente
- Una balanza suspendida
- Una trinchadora automática de 300 mm de diámetro
- Una marmita eléctrica de 100 a 200 litros aproximadamente
- Una tostadora
- Una maquina de café
- Dos cubiertas para residuos
- Un termo eléctrico para leche
- Una moladora eléctrica de café
- Una máquina automática de cubitos de hielo de 150kg/24 horas.
- Un abrelatas automático
- Una ablandadora de carne
- Una heladera
- Dos microondas
- Una freidora honda

### 8.1.2. Lavandería

Para el servicio del buque se dispondrá de una lavandería que disponga de los siguientes elementos:

- Dos unidades de máquinas lavadoras con capacidad individual de 5 kg.
- Dos secadores eléctricos con capacidad individual de 5 kg.
- Un armario de secado.
- Dos tableros de planchado del tipo de pared.
- Dos planchas de vapor.
- Una mesa de trabajo para ordenar la ropa con armario.
- Estanterías para ropa contorneando el local.
- Una pila de lavado de acero inoxidable.

### 8.1.3. Gambuzas

El buques dispondrá de una gambuza seca y otra refrigerada

Para dimensionar las gambuzas hemos tenido en cuenta la comida por persona y día. Lo normal es considerar entre 3 y 5 kg de comida por



persona y día en buques de carga, de los cuales, la mitad son para la gambuza seca y la otra mitad para la frigorífica.

Por otro lado se considera 0,3 m<sup>2</sup> de gambuza por persona, de los cuales, 0,15 m<sup>2</sup> son gambuza frigorífica y 0,15 m<sup>2</sup> son de gambuza seca. La altura de las gambuzas está en torno a 2.5 m.

Según lo indicado tendremos los siguientes resultados:

Gambuza seca			Capacidad								
kg	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Carne			Pescado			Verduras		
			kg	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
950	3,75	7,61	317	1,25	2,54	317	1,25	2,538	317	1,25	2,54

### Gambuza seca:

Estará dotada de los siguientes elementos:

- Estantes, alacenas, barras y ganchos para víveres.
- Un patatero desmontable.
- Depósito para legumbres secas.
- Soporte para deposito de aceite y vino.

### Gambuza frigorífica:

Se instalará una planta frigorífica compuesta por los siguientes locales refrigerados:

- **Cámara frigorífica para carne ( -25 °C ; 2.92 m<sup>3</sup> )**

Cámara frigorífica para temperatura de congelación de hasta -25 °C con mamparos exteriores y techo formados por aislamiento de poliuretano de densidad 35-40 kg/m<sup>3</sup> con 105 mm de espesor revestido de acero inoxidable y suelo de 85 mm con acabado fenólico antideslizante.

Tendrá una puerta pivotante de 1.9 x 0.8 m de acero inoxidable, interiormente aislada con poliuretano. La puerta estará equipada con juntas de caucho y provista con fuertes bisagras cromadas y dispositivos de cierre teniendo cerradura con llave. La apertura será posible desde ambos lados. Alrededor de las puerta se instalarán cintas eléctricas descongelantes.

Medidas interiores; alto (mm): 2030 ; ancho (mm): 1200 ; largo (mm): 1200 (1.44 m<sup>2</sup> y 2.92 m<sup>3</sup>).



- **Cámara frigorífica para pescado ( -25 °C ; 2.92 m<sup>3</sup>)**

Cámara frigorífica para temperatura de congelación de hasta -25 °C con mamparos exteriores y techo formados por aislamiento de poliuretano de densidad 35-40 kg/m<sup>3</sup>, 105 mm de espesor revestido de acero inoxidable y suelo de 85 mm con acabado fenólico antideslizante.

Tendrá una puerta pivotante de 1.9 x 0.8 m de acero inoxidable, interiormente aislada con poliuretano. La puerta estará equipada con juntas de caucho y provista con fuertes bisagras cromadas y dispositivos de cierre teniendo cerradura con llave. La apertura será posible desde ambos lados. Alrededor de la puerta se instalarán cintas eléctricas descongelantes.

Medidas interiores; alto (mm): 2030 ; ancho (mm): 1200 ; largo (mm): 1200 (1.44 m<sup>2</sup> y 2.92 m<sup>3</sup>).

- **Cámara frigorífica para verduras ( 2 °C ; 2.92 m<sup>3</sup>)**

Cámara frigorífica para temperatura de conservación de hasta 0 °C con mamparos exteriores y techo formados por aislamiento de poliuretano de densidad 35-40 kg/m<sup>3</sup> de 60 mm de espesor revestido de acero inoxidable y suelo de 85 mm espesor con acabado fenólico antideslizante.

Tendrá una puerta pivotante de 1.9 x 0.8 m de acero inoxidable, interiormente aislada con poliuretano. La puerta estará equipada con juntas de caucho y provista con fuertes bisagras cromadas y dispositivos de cierre teniendo cerradura con llave. La apertura será posible desde ambos lados. Alrededor de la puerta se instalarán cintas eléctricas descongelantes.

Medidas interiores: alto: 2030 mm ; ancho: 1200 mm ; largo: 1200 mm (1.44 m<sup>2</sup> y 2.92 m<sup>3</sup>).

- **Vestíbulo ( 4 °C ; 2.03 x 1.2 x 3.6x= 8.77 m<sup>3</sup>)**

Las anteriores cámaras estarán precedidas por un vestíbulo común con una temperatura de 4 °C, sus características serían las siguientes:

**Habitáculo vestíbulo**

Temperatura de conservación de hasta 0°C con 3 mamparos exteriores y techo formado por aislamiento de poliuretano de densidad 35-40 kg/m<sup>3</sup> de 60 mm de espesor revestido de acero inoxidable y sin suelo.



Tendrá una puerta pivotante de 1.9 x 0.8 m de acero inoxidable, interiormente aislada con poliuretano. La puerta estará equipada con juntas de caucho y provista con fuertes bisagras cromadas y dispositivos de cierre teniendo cerradura con llave. La apertura será posible desde ambos lados. Alrededor de la puerta se instalarán cintas eléctricas descongelantes.

Medidas interiores: alto: 2030 mm ; ancho: 1200 mm ; largo: 3460 mm (4.152 m<sup>2</sup> y 8.43 m<sup>3</sup>).

**Nota:**

Los mamparos divisorios entre cámaras de congelación, entre cámara de congelación y de conservación, y entre cámaras de congelación y vestíbulo serán de 105 mm de espesor. El mamparo divisorio entre la cámara de conservación y vestíbulos tendrá un espesor de 60 mm.

Todas las cámaras tendrán una estantería lineal de 40 cm de fondo, altura 1740 mm. FRIESTL40-0017

Estantería lineal de aluminio y plástico alimentario con 40 cm de fondo ; altura 1740 mm ; longitud: 1188 mm ; 4 niveles

- Estantes de plástico alimentario, inyectado a baja presión, apto para alimentos.
- Gran robustez, soportes montados con 4 traveseros de unión.
- Estantes con doble apoyo y de muy fácil colocación.
- Hasta 150 kg de capacidad de carga por estante.
- Soportes con pies regulables de altura 40 mm sin rosca aparente.
- Soportes con orificios cada 150 mm para poder regular o incrementar el número de estantes.

**Maquinaria de refrigeración de las gambuzas frigoríficas:**

La planta de refrigeración será de expansión directa con difusores instalados en cada cámara.

El equipo de refrigeración incluirá dos juegos de condensadores y compresores con accesorios apropiados, trabajando indistintamente uno en servicio y otro en reserva.





La interconexión entre compresores y condensadores se realizará de forma que los compresores puedan trabajar con cualquiera de los condensadores.

Los condensadores serán horizontales, marinos, de tipo de haz tubular. Estarán provistos de mirillas para líquidos.

Los difusores serán serpentines con aletas con gran superficie de enfriamiento y provistos de ventiladores eléctricos y bateas de goteo bajo ellos. Como ya se dijo, los difusores con temperatura de evaporación a 0 °C y sujetos a escarchamiento estarán provistos de sistema de descarchado mediante resistencia eléctrica operadas automáticamente por reloj.

La instalación está provista de control automático de temperatura en cada cámara mediante termostatos y válvulas de solenoide.

El control de inyección de líquido refrigerante por los difusores se realizará mediante válvulas de expansión termostáticas con compensación exterior de presión. Las sucesiones de los compresores de las cámaras de más alta temperatura se instalarán, si fuera necesario, con válvulas reguladoras de presión. El panel de visualización de temperatura se instalará fuera de las cámaras refrigeradas.

Se instalará un panel de control cerca de la máquina refrigeradora, incluyendo interruptores e indicadores de alta y baja presión, así como botones e indicadores para arrancar y parar operaciones de descarchado.

Para las cámaras frías se dispondrán generadores de ozono.

Los desagües estarán provistos de calentadores eléctricos para descarchado.

## 8.2. Espacios sanitarios

### 8.2.1. Aseos

Los aseos públicos para la tripulación se dispondrán cerca del puente, cámara de control de máquinas, salas de estar de la tripulación y oficiales. Mirar plano de Disposición General.

Los aseos modulares incorporados en módulos de camarote irán provistos de:



- Una taza WC de porcelana vitrificada montada en mamparo.
- Un lavabo de acero esmaltado con grifo mezclador.
- Una ducha con válvula mezcladora termostática.
- Una cortina de ducha
- Un panel luminoso con enchufe para máquina para afeitar.
- Una papelería.
- Un toallero.
- Dos perchas para toallas.
- Un cenicero.
- Dos colgadores par ropa.
- Un portarrollos de papel higiénico.
- Un portarrollos de papel higiénico de reserva.
- Una jabonera.
- Un asidero.
- Un abrebotellas.
- Una estantería para vasos con portacepillos.
- Un espejo.
- Grifería en acero inoxidable.

Los aseos públicos dispondrán de todos estos elementos excepto la ducha.

### **Especificaciones:**

El recubrimiento de los pisos de los baños será de baldosa cerámica antideslizante. Las juntas tendrán una base epoxídica. En el paso a panel de mamparos se utilizarán juntas con base de silicona.

Los mamparos con paneles para locales húmedos de tipo TNF o similar, con construcción especial en su base, irán instalados sobre brazolas de acero soldado. Los mamparos situados detrás de los urinarios tendrán baldosines cerámicos hasta una altura de 1500 mm. Se dispondrá un sistema independiente de suspensión detrás de los equipos montados sobre mamparos.

Todas las tuberías estarán ocultas, y se dispondrán registros de inspección y servicio en los mamparos donde sea necesario. Las tuberías de alimentación a todos los aparatos tendrán válvulas de incomunicación y serán preferiblemente de cobre. Los desagües estarán provistos de sifones y filtros de fácil acceso para su limpieza.

Las puertas serán de cierre automático, dispondrán de cerraduras, así como de disco de marca roja/verde, bisagras apropiadas y topes de puerta. Las puertas de los vestíbulos tendrán umbrales de 50 mm.



Todos los aparatos sanitarios serán de porcelana de tipo marino, adecuados para instalación en buques. Los accesorios de fontanería serán también de tipo marino.

Las duchas y lavabos, dispondrán de agua dulce fría y caliente. Los grifos de los lavabos serán de presión.

Las tazas de WC estarán montadas en los mamparos y tendrán asientos de PVC. Los botones de descarga de agua irán dispuestos en los mamparos.

Los urinarios irán montados en los mamparos, con descarga de agua automática.

Todos los aseos dispondrán de electro-ventiladores (extractores).

### 8.3. Pañoles

Se dispondrán pañoles de máquinas, de estachas y cables, del contraestre, de luces, de pintura, del electricista, de carpintería, de ropa blanca, de ropa sucia, etc.

Los pañoles estarán equipados con baldas para la estiba, provistas de gualderas, y contruidos con perfiles soldados a puntales y elementos estructurales. Sobre estos perfiles se dispondrán listones de madera. Los mamparos de división son metálicos.

Asimismo, se dispondrán pañoles provistos de estantes, baldas, cajones, etc. dedicados a vajilla, ropa de cama, etc. Así como taquillas en las zonas de trabajo para las ropas de faena.

En los pañoles del contraestre, de máquinas, y en el pañol de pinturas se dispondrán estanterías consistentes en perfiles angulares de acero y estantes de chapa de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor. Los estantes se dispondrán con balanceras desmontables. El pañol del contraestre dispondrá además de un banco de trabajo metálico.

### 8.4. Servicios de accesos

El estudio de la disposición de los accesos es un tema esencial en el desarrollo del proyecto del buque. Un buen estudio de las características de los accesos evitara incomodidades en las operaciones y riesgos.

Los distintos reglamentos y recomendaciones tienen en común los siguientes principios de carácter general:



- Las escaleras deben disponerse en dirección longitudinal, para evitar que el ángulo de balance se sume a la pendiente. La máxima inclinación admitida de escaleras es de 45° con la horizontal.
- Las escaleras interiores deben ser de acero y materiales incombustibles. Las escaleras exteriores deben tener peldaños antideslizantes y estar en lugares protegidos de los golpes de mar.
- Los ascensores son complementarios de las escaleras, en ningún caso las pueden sustituir.
- Los accesos a los tanques de lastre y de consumos son a través de registros y escalas verticales. Si el tanque es muy grande se exigen dos accesos situados en posiciones diagonalmente opuestas.
- Las puertas tendrán una anchura mínima que depende del servicio a que se dedique el espacio al que da acceso; del orden de 650 mm para camarotes y puertas exteriores, de 600 mm para aseos y 900 mm para enfermerías y salidas de emergencia.

#### 8.4.1. Accesos exteriores: Escalas, Pasamanos y Pasarelas.

En puerto, el acceso de personas al buque será a través de la rampa de acceso de coches. Se dispondrá a tal fin una zona debidamente protegida.

##### Escala de práctico

Es de especial interés la escala del práctico ya que muchos de los accidentes que se producen son debido a que los buques no cumplen con la normativa vigente al respecto: Regla 17 del Capítulo V del SOLAS, enmendada en 1973 por la Resolución de la IMO A.263(VIII) de 20 de Noviembre. También afectan a este tema la Res. A.426(XI), de 15 de Noviembre de 1979.

Así como otras recomendaciones de IMO y de la IMPA (International Maritime Pilots' Association).

La escala, de un solo tramo, bastará para alcanzar el agua desde el lugar de acceso al buque, se tomarán las medidas necesarias a fin de que esta condición se cumpla en cualquier estado de carga y asiento del buque y para una escora a la banda contraria de 15°.

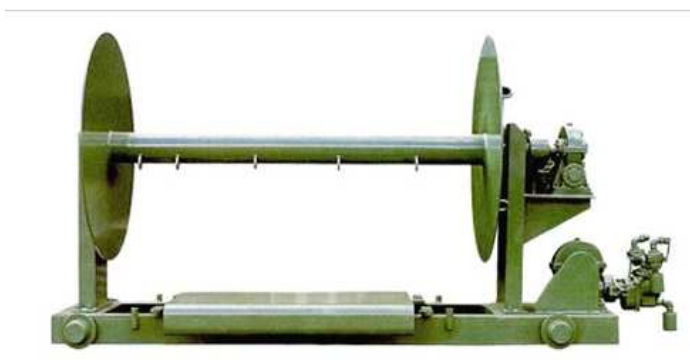
Los peldaños de la escala de práctico reunirán las siguientes características:

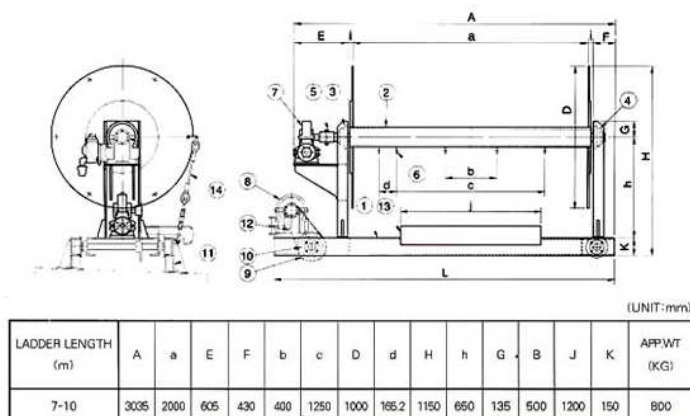
- Serán de madera dura y de una sola pieza. Su con superficie es antideslizante.
- Los cuatro peldaños inferiores son de goma de una consistencia y rigidez adecuadas.
- Miden **480** mm de largo, **115** mm de ancho y **25** mm de grosor sin contar el material antirresbaladizo.
- La separación entre peldaños de 320 mm (entre 300 mm y 380 mm).



La escala está concebida de modo que los prácticos puedan embarcar y desembarcar con seguridad. A tal fin, se le mantendrá limpia y en buen estado y podrá ser utilizada por las autoridades y otras personas cuando el buque arribe a puerto o se haga a la mar.

Contara con una bobina a cada banda para la escala de práctico.





### Escalas inclinadas:

En la cubierta la intemperie el buque dispondrá de escalas galvanizadas.

Los materiales utilizados serán los siguientes:

- Perfil de acero en "U" o zancas (gualderas) equivalentes de 165 x 65 x 7.5 mm aproximadamente.
- Peldaños de plancha estriada o lacrimada de acero de 5 mm espaciados 235 mm aproximadamente. El borde frontal de los peldaños será laminado.
- Pasamanos y candeleros de 42 mm aproximadamente de diámetro exterior con una altura de 1100 mm en posición vertical.

El borde frontal de los peldaños será laminado.

Normalmente serán de 700 mm de ancho útil y una inclinación de entre 50 y 55 grados.

### Escalas verticales:

Para acceso a pañoles de estachas, tanques, coferdams y mástiles, se dispondrán escalas verticales.

La escala de la salida de emergencias se instalará de acuerdo con las reglas de la Sociedad de Clasificación.

Los materiales serán los siguientes:



- Zancas de pletina de acero
- Peldaños de barra cuadrada de acero de 20 mm, con aristas hacia arriba y espaciados aproximadamente 300 mm.

Los peldaños se insertarán dentro de las zancas.

Las escalas estarán soldadas a la estructura.

Para cada registro se dispondrá una escala de acceso y si fuera necesario una plataforma de trabajo para abrir el registro.

Por otro lado, se dispondrá debajo de cada registro de los compartimentos vacíos de los costados y del techo del Doble Fondo para acceso a los Tanques de Lastre. En este caso, los materiales utilizados serán:

- Zancas de perfiles en “U” de acero o angulares equivalentes de 160 x 65 x 7.5 mm aproximadamente.
- Peldaños de barras cuadradas de acero de 20 mm de lado y espaciados 250 mm aproximadamente.

#### **Barandilla y pasamanos:**

En la cubierta exterior se instalará una amurada en la zona de proa y se dispondrán barandillas en los costados y en popa de la cubierta superior según se indica en plano de Disposición General.

La altura de la barandilla, desde su parte superior a la cubierta de acero será de 1000 mm. El espacio entre los candeleros será, en general, de 1500 mm.

Los candeleros serán de pletinas de 50 x 20 mm ( con estays cada cuatro candeleros).

Pasamos de tubo de acero galvanizado soldado de 42 mm de diámetro exterior.

En los lugares en los que así se requiera, y formando parte de la barandilla, se dispondrán secciones desmontables para embarque.

En las zonas de embarque de los botes salvavidas, se dispondrán secciones de tramos cortos de cadena galvanizada aseguradas a barandillas y candeleros.

Se dispondrán pasamanos de mamparo en las cubiertas exteriores y pasillos. Serán de tubo de acero soldado de 42 mm aproximadamente. La distancia entre dichos tubos y el mamparo será de 60 mm mínimo.





Los pasillos interiores de la acomodación tendrán al menos en un lado, pasamanos de sistema Hewi o de acero inoxidable.

Los peldaños y pequeñas plataformas exteriores para pasos de tuberías serán de enjaretado galvanizado.

#### 8.4.2. Tecles, enjaretados y escalas en la sala de máquinas

En la cámara de máquinas, local de depuradoras, taller y en los lugares que la práctica lo aconseje, se instalarán escalas inclinadas y pisos o tecles de dimensiones y escantillones adecuados a las cargas que en cada caso deban soportar.

En el techo del doble fondo de la Sala de Máquinas se dispondrá un piso de tipo rejilla o de plancha de acero estriada o achlaflanada. Este piso cubrirá aquellas zonas necesarias de paso o mantenimiento de las diferentes máquinas e instalaciones y las contornearán formando huecos poligonales. Donde este piso no sea necesario para tales fines, el techo del doble fondo de la Sala de Máquinas podrá permanecer descubierto. El contorno del piso consistirá en angulares rectangulares o pletinas. Las planchas estarán empernadas al perfil de acero y serán desmontables. En los enjaretados de tipo rejilla se utilizarán piezas especiales de acero galvanizado.

Tanto los pisos como los tecles, siempre que sea posible, tendrán dimensiones máximas que hagan factible que su desmontaje sea realizado por un solo hombre.

En las zonas que estos elementos cubran volantes de válvulas u otros accesorios, llevarán registros de acceso a los mismos.

Los pisos, en las zonas que contorneen aparatos, dispondrán de una brazola con una altura mínima de 30 mm formada por el angular de la estructura de soporte de las planchas.

Los pisos de plancha estriada se extenderán en el doble fondo a fin de crear pasillos y zonas de paso, de forma que toda tubería queda cubierta, así como sus válvulas.

En el interior del guardacalor y troncos, se instalarán también tecles, en las zonas que se consideren necesarios.

Los soportes de los pisos y tecles, estarán constituidos por marcos de angular o simple T de acero, soportados por pies derechos del mismo material, unidos a la estructura y a los marcos mediante soldadura.





Los polines y fundiciones de todo tipo serán de acero y enteramente soldados.

La unión de estos elementos a la estructura se realizará mediante los correspondientes reforzados locales, donde sea preciso. El taqueado de los diferentes elementos (máquinas principales y auxiliares, reductora, etc.) será sobre tacos de resina.

Caso de considerarse necesario para una perfecta transmisión de esfuerzos, se adicionarán los correspondientes puntales.

Toda la maquinaria auxiliar, aún cuando disponga de robustas bancadas, estará apoyada sobre polines, los cuales serán proyectados y desarrollados a fin de que no sean afectados por esfuerzos o vibraciones verticales y horizontales. Los extremos de los polines serán desarrollados sin discontinuidades bruscas.

Contorneando todas las máquinas hidráulicas, se dispondrán sobre el piso pletinas de acero soldadas para recoger las posibles pérdidas de aceite de uniones, latiguillos, etc.

#### Escalas:

En la Sala de Máquinas las escalas inclinadas estarán dispuestas en dirección proa popa de acuerdo con las Normas de Construcción. Su anchura útil será de 600 mm y su inclinación, donde sea factible, no superior a 60 grados.

Las conexiones de las diferentes secciones de pasamanos se realizará mediante manguitos con pasadores (cuando se requiera para los fines de acceso) o soldadas a tope.

El material de las escaleras y barandillas será el siguiente:

- Zancas de pletina de 130 x 12 mm
- Peldaños de plancha estriada o achaflanada de acero de 5 mm de espesor o contruidos con cuadrillos de 20 mm.
- Candeleros de enjaretado y escaleras de barras de acero de 35 mm de diámetro x 935 mm de altura y de 410 mm aproximadamente para escalas.
- Pasamanos de barra redonda de 20 mm de diámetro.

## 8.5. Puertas

Realizaremos en este apartado una descripción detallada del tipo de puertas con las que irá dotado el buque. Dentro del conjunto de puertas del buque se distinguen las metálicas y las no metálicas. Las puertas metálicas



las incluiremos dentro del conjunto de elementos de equipo y las puertas no metálicas en el conjunto de elementos de habilitación.

### 8.5.1. Puertas de acero

Las puertas de acero, según su ubicación, serán de los siguientes tipos:

- Puertas de acero estancas; todas las puertas estancas cumplirán la normativa de SOLAS (Capítulo II-1, Parte B, Reglas 15 y 16).
- Todas las puerta exteriores de acceso a compartimentos en los que se pueda generar gases tóxicos y que den paso al interior de áreas de la Acomodación, serán estancas a dichos gases.
- Puertas de acero no estancas ni al agua ni a los gases.

Describimos a continuación los materiales que constituyen dichas puertas de acero.

#### **Materiales de las puertas de acero:**

Puertas estancas a excepción de aquellas que funciones hidráulicamente:

- Plancha de acero de 8 mm.
- Ocho o seis trincas, dependiendo de su ubicación.
- Dos bisagras
- Brazola de 400 o 600 mm, según ubicación.
- Frisa de caucho asegurando su estanqueidad.

#### **Puertas estancas al gas y al agua:**

- Plancha de acero de 8 mm.
- Dos trincas.
- Dos bisagras.
- Brazola de 200 a 400 mm.
- Frisa de caucho para asegurar la estanquidad.

#### **Puertas no estancas:**

- Plancha de 8 mm.
- Dos trincas.
- Dos bisagras.
- Brazola de 200 o 400 mm.

En todas las puertas de acero las bisagras serán de acero con pasadores de bronce o de acero inoxidable y estopores para posición

abierta cuando lo permitan las reglas. Las puertas tendrán un sistema de cierre con candados. Las bisagras y las trincas tendrán engrasadores. Todas las puertas excepto aquellas con dispositivos de cierre automático irán provistas de dispositivos para mantenerlas abiertas.

Las puertas de acero tendrán, en general, una luz de 700 mm y una altura desde el borde superior del marco de la puerta que no será inferior a 1900 mm sobre la cubierta.

#### Puertas con funcionamiento hidráulico:

En los mamparos estancos, entre compartimentos de máquinas, se instalarán puertas correderas de acuerdo con los requisitos de las reglas de la Sociedad de Clasificación.

Las rampas de acceso a bodega dispondrán de dos puertas estancas de funcionamiento hidráulico que aseguran la estanquidad:

- Cubierta abatible con bisagras laterales accionadas por hidráulicos.

Estas cubiertas-puerta una vez cerradas permiten que se cargue camiones como si de una cubierta normal se tratará. Tiene la gran ventaja no necesitar espacio para su estiva. Está instalada sobre la cubierta principal.



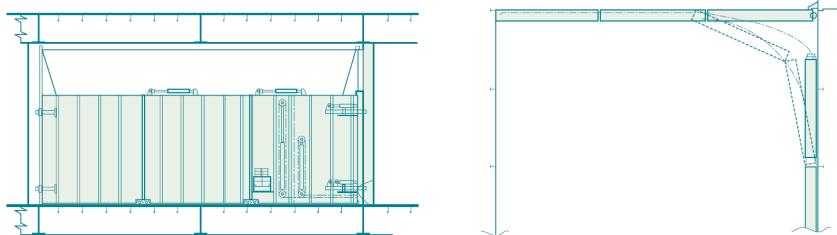


- Puerta deslizante de accionamiento hidráulico.

Esta puerta ira instalada al final de la rampa, al nivel de la bodega, es decir, sobre la cubierta del techo del doble fondo. A continuación se muestra una foto de dicha puerta.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> <http://www.tts-marine.no/templates/Page.aspx?id=1408>



### Puertas contraincendios:

Se dispondrán puertas contraincendios en los accesos y salidas de emergencia de acuerdo con las prescripciones del Capítulo II del SOLAS. Estas puertas serán estancas cuando ellos se exija. A excepción de la zona de acomodación, irán terminadas en pintura.

### 8.5.2. Puertas de la acomodación

Todas la puertas estarán equipadas con;

- cerraduras embutidas con de 4 juegos de llaves independientes.
- sistema general de llave maestra con subagrupamiento apropiado
- topes, manillas y amortiguadores de golpes de caucho.
- placas numeradas de acuerdo con el plano de puertas.

Las puertas de aseos, espacios de servicios, etc tendrán dispositivo de cierre automático.

Las puertas, excepto puertas contraincendios, de cocina/servicio de fonda y otros compartimentos, tendrán un ventanillo.

Todas las puertas de aseos, respetos y pañoles se abrirán hacia fuera.

### Puertas contraincendios, Clase A.

En el Puente de Gobierno se dispondrán indicaciones y cierre remoto de puerta contraincendios.

Las puertas contraincendios de Clase A estarán empotradas en los mamparos o revestimientos en posición abierta. Las puertas y marcos serán de acero esmaltado. Las manillas de las puertas estarán empotradas.

Las que se encuentren en áreas de paso público estarán provistas de sujetadores electromagnéticos.



### Puertas de acomodación.

El marco de las puertas de camarotes tendrá molduras pintadas al calor o con epoxi.

La hoja de la puerta tendrá dos planchas de acero galvanizado pintadas al calor o con capa de PVC con aislamiento de lana mineral y con marco de acero inoxidable.

Las puertas tendrán tres bisagras, asideros, cerraduras y sujetadores.

El umbral de la puerta estará cubierto con acero inoxidable de 1.0 mm de espesor. La altura del borde del marco superior sobre el piso será inferior a 1.950 mm y la anchura libre mínima será como sigue:

Anchura libre	Compartimento
600 mm	Aseos modulares
650 mm	Camarotes, pañoles y aseos públicos
750 mm	Salas de estar, escaleras y despachos
900 mm	Salones, comedores/sala de estar, cocina, lavandería, hospital y local aire acondicionado
1000 mm	Puente de Gobierno
1200 mm	Gambuza, zonas de cocina

Las puertas de los lavabos tendrán brazolas.

Las puertas de pasillos y locales sanitarios serán del mismo tipo que las puertas de camarotes.

## **8.6. Escotillas y registros**

### **8.6.1. Escotillas de acceso y servicio**

Se dispondrán accesos a todos los compartimentos para desarrollar adecuadamente trabajos, inspecciones y mantenimiento. Los cierres serán apropiados para el lugar, uso y la íntegra estanqueidad de los compartimentos y su resistencia será equivalente a la de la estructura adyacente.

Las escotillas de acceso y servicio serán conformes con las normas de los Constructores y de las Entidades Reguladoras.

Todas las escotillas de acceso y servicio serán de construcción con plancha de acero soldada y serán de dos tipos; estancas y no estancas.

El material y dimensiones de las escotillas estancas será:



- Brazolas de plancha de acero de 12 mm y 450 o 600 mm de altura, dependiendo del lugar donde estén ubicadas, de acuerdo con las Reglas.
- Tapa de plancha plana de acero de 8 mm.
- Juntas de caucho para para obtener la estanquidad.
- Trincas de latón con pernos de acero inoxidable y cartabones de acero.
- Bisagras de acero.
- Dispositivo sujetador de acero para aseguramiento en posición abierta.
- Las dimensiones nominales, según situación, son;
  - 630 x 630 mm con cuatro trincas
  - 830 x 830 mm con seis trincas
  - 1030 x 1030 mm con ocho trincas
  - 1330 x 1330 mm con ocho trincas

El material y dimensiones de las escotillas no estancas será el siguiente:

- Brazola de plancha de 12 mm y 230 mm de altura.
- Tapa de 8 mm de plancha plana y con bisagras.
- Trincas de latón y cartabones de acero.
- Bisagras de acero.
- Dispositivo sujetador de acero para aseguramiento en posición abierta.
- Las dimensiones nominales, según situación, son;
  - 630 x 630 mm con una trincas
  - 830 x 830 mm con dos trincas
  - 1330 x 1330 mm con tres trincas

En cubierta expuesta se utilizarán pernos y tuercas de acero.

Las escotillas instaladas en salidas de emergencia y en compartimentos en los que pueda estar trabajando el personal serán practicables desde el interior.

En la Cubierta Principal se dispondrá una escotilla estanca de tipo enrasado de 2550 x 3300 mm para tareas de mantenimiento en la Cámara de Máquinas. La tapa dispondrá de trincas de apertura de accionamiento manual.

Asimismo, en el tambucho de babor de la cubierta principal se dispone una escotilla de cierre estanco al agua para acceso de personas al local del servo. Para desmontaje del servo, se dispondrán dos escotillas enrasadas en la cubierta principal y estancas al agua de 1400 x 1400 mm.





El Local de Hélice de Proa también dispondrá de una escotilla estanca.

### 8.6.2. Registros

Los registros se construirán de acuerdo con las normas del Constructor, siendo de obligado cumplimiento, según reglamentación, que tengan forma circular, ovalada o elíptica.

En general, todos los tanques dispondrán de un mínimo de dos registros, excepto en aquéllos que, por sus dimensiones, sea suficiente uno solo. En los coferdams estancos se dispondrán igualmente registros estancos. En general, los registros tendrán unas dimensiones mínimas de 600 x 600 mm.

Los tanques de lastre tienen dos registros, uno de ellos en la parte superior del mismo.

Para las cajas de cadenas se dispondrán registros altos y bajos que den un buen acceso a la caja de fangos.

Las tapas de los registros serán de tipo semienrasado, enrasado o con brazolas de 100 mm, dependiendo del lugar en que estén situadas. Las tapas tendrán agarraderas para facilitar su apertura y cierre, excepto cuando el espesor de la plancha sea de 2 mm.

### 8.7. Ventanas y portillos

Las ventanas y portillos en el buque se instalarán con doble fin; en los locales de habitación proporcionarán luz, ventilación natural y visión del exterior por donde opera el buque, en definitiva proporcionara confortabilidad. En los locales de servicio, pañoles, y Puente de Gobierno proporcionarán la visión necesaria sobre el local o espacio que se quiera controlar.

Los materiales utilizados serán los siguientes:

- Brazolas de acero laminado para unir al casco o a mamparos por soldadura.
- Marco de latón.
- Burlete de cristal, de espesor adecuado a las dimensiones de cada ventana y a su posición sobre la flotación. Vidrio endurecido (templado).
- Trincas, bisagras y pasadores de las bisagras de aluminio naval.
- Dispondrán de luna de cristal, de espesor adecuado a las dimensiones de cada ventana y a su posición sobre la flotación.





- Soporte de trincas y bisagras de chapa de acero soldada a la brazola (solo en las que se puedan practicar).

Los tipos de ventanas serán los siguientes:

- Ventanas practicables con apertura hacia el exterior provistas de dos bisagras y dos trincas.
- Ventanas no practicables o fijas.

Las ventanas serán fijas excepto en los camarotes de Oficiales y Tripulación donde serán practicables.

La forma de las ventanas será alargada en dirección vertical, excepto las del Puente de Gobierno, cámaras, salones, y sala de estar de Capitán y Jefe de Máquinas.

Las dimensiones normales serán de 450 x 630 mm de luz, con un cristal.

Los camarotes, a excepción de los indicados, tendrán portillos normales de 550 mm de diámetro.

Las ventanas de las cámaras, restaurante, bar, salones y salas de estar de Capitán y Jefe de Máquinas serán de 1000 x 630 mm aproximadamente de luz en dirección horizontal y de tipo fijo.

El puente de gobierno llevará amplios ventanales en todo su contorno. Todas estas ventanas llevarán lunas de tipo antirreflejante, cuando esté permitido por la reglamentación, o medios que den la protección correspondiente. La disposición de las ventanas será tal que permita una amplia visibilidad en todo su entorno.

Las del frente del puente serán fijas. Las de los laterales del puente serán igualmente fijas, excepto una a cada lado que será practicable.

En las ventanas centrales del puente de gobierno, se dispondrán aparatos de limpiaparabrisas de tipo alternativo, según los requisitos de los reglamentos. Otra de las ventanas laterales del frente del puente, llevará una vista clara de tipo rotativo. Estos aparatos dispondrán de motor de accionamiento situado fuera del propio aparato.

Todas las ventanas del frente del puente, llevarán por el exterior, un sistema de rociado de agua dulce para lavado.

Los émbonos frontales de las ventanas se construirán con paneles del mismo material que el revestimiento de mamparo circundante o con piezas de fibra de vidrio o plástico moldeado.



## 8.8. Protección de superficies

Con independencia del aspecto estético que se adopta con el pintado del buque, éste se realiza con fin de proteger los diferentes elementos del buque.

La primera mano se aplicará inmediatamente después de ser preparadas, limpiadas y desengrasadas las superficies a pintar. No se dará ninguna mano de pintura hasta que la anterior este seca y dura. De todos modos, para conseguir una buena adherencia se cumplirán los intervalos mínimos y máximos dados por el fabricante.

No se pintará con tiempo lluvioso ni cuando la temperatura ambiente se inferior a 5 °C para asegurarse una superficie seca para el pintado.

En general el espesor mínimo total de la capa de pintura seca serán de 140 micras para acero desnudo y de 60 micras para acero forrado, salvo en casos concretos en que se dan cifras determinadas de espesor.

Todas las pinturas y revestimientos que se usen en el buque serán de tipo marino. Excepto mención expresa, serán pinturas de tipo convencional (alquídicas, aceite de linaza o tipo bituminosa).

Pinturas sin disolvente, al agua, o emulsiones, se usarán en recintos cerrados donde la pintura normal con disolvente pudiera dañar a los trabajadores por mala ventilación.

No se usará ningún tipo de pintura que no cumpla las normas locales y reglas del constructor, así como las normas y leyes en vigor de protección medioambiental.

La primera mano de imprimación de soporte en el forro exterior se aplicará a criterio del constructor, dependiendo del proceso de construcción seguido. En caso de que no se aplicase, el espesor del resto de la capa se aumentaría hasta el total.

La pintura se aplicará cumpliendo los requisitos del fabricante, y con un método acordado con él, en general con equipo de proyección sin aire y cuando no se considere práctico se utilizará bocha y rodillo.

La calidad de terminación del acero y el tratamiento superficial del mismo será de acuerdo a los requisitos del fabricante de pintura.

Las condiciones de aplicación, en general, seguirán las exigencias de las fichas técnicas de los productos.

Se aplicará el máximo de pintura antes del montaje en grada de los bloques.



Todos los espesores de capa de pintura en seco (DFT) que se mencionan en este capítulo al lado de la denominación de la capa son en micras totales, tomados como valores medios, de acuerdo a la práctica del constructor. Los espesores pueden ser superiores a los indicados, siempre que no se exceda el máximo permitido por el fabricante. El 90 % del espesor medio corresponde a cada zona medida, estará por encima o será igual al 100 % del valor nominal especificado de espesor de capa seca (DFT) del sistema y ninguna parte del restante 10 % estará por debajo del 90 % de dicho valor. Para conseguir el anterior valor especificado de capa total para cada sistema parcial, el número de capas y espesores puede modificarse, siempre que lo permitan las pinturas que se usen.

El método de medida de espesores de pintura se acordará con el fabricante de la misma.

### 8.8.1. Tratamiento superficial del acero

#### Chorroado:

Todas las planchas de acero y secciones usadas para la estructura del buque, excepto las áreas no mencionadas en esta descripción que no van a recibir un esquema de pintura, serán chorroadas.

El chorroado se llevara a cabo para alcanzar un grado de preparación del SA 2 ½, de acuerdo al standard sueco SIC 05 59 00. 1967 edición 2, válido desde el 1º de Septiembre de 1967 y el tipo de granalla debe ser compatible con la pintura de imprimación, referencia UDK 620.193, aprobada por la ASTM y el Comité de Pintura de Estructuras de Acero.

Después del chorroado, se aplicará una capa de imprimación a todas las planchas y perfiles estructuras que deban ser tratados posteriormente.

Las soldaduras, quemaduras, zonas oxidadas y/o dañadas por calor o impacto metálico durante la aplicación, manipulación y almacenamiento de las planchas y perfiles ya tratados con imprimación o pintura, se tratará de acuerdo los requisitos del fabricante de la pintura, antes de la primera capa del esquema de pintado.

Como ya se indico, todas las superficies se limpiaran de grasa o polvo antes de la aplicación de la primera mano del esquema. El oxido de superficies que vayan a ser pintadas se eliminará con un cepillo si no han de recibir un pretratamiento, ya sea en el Astillero o en el taller del suministrador.



### Imprimación:

La pintura de imprimación será elegida por el constructor y será compatible con el esquema de pintura especificado.

La última mano de pintura antiincrustante se aplira en dique antes de la prueba de mar.

Las partes inaccesibles por montaje de polines u otros elementos, recibirán el tratamiento de pintura adecuado antes del montaje de dichos polines y/o elementos.

## 8.8.2. Pintura exterior de la estructura

### Forro exterior.

- Fondos y flotación, incluida toma de mar ( pintura anticorrosiva a base de alquitrán epoxi):

1 capa de pintura anticorrosiva de alquitrán epoxi	150 micras
1 capa de pintura epoxi modificado	100 micras
3 capas de anti-incrustante autopulimentable tipo copolímero	300 micras
<b>Total</b>	<b>550 micras</b>

- Costados, rampa de popa y amuradas:

1 capa de pintura epoxi anticorrosiva	100 micras
1 capa de pintura epoxi modificado	120 micras
1 capa de pintura acabado poliuretano	50 micras
<b>Total</b>	<b>270 micras</b>

En las rampas y en una zona de descansillo de aproximadamente 5 metros, una capa de Bimark o similar.

### Cubiertas y casetas.

- Cubierta a la intemperie:

1 capa de pintura epoxi anticorrosiva	100 micras
1 capa de pintura epoxi modificado	120 micras
1 capa de pintura acabado poliuretano	50 micras
<b>Total</b>	<b>270 micras</b>



- Exterior de Superestructuras, Casetas y Chimenea:

1 capa de pintura epoxi anticorrosiva	100 micras
1 capa de pintura epoxi modificado	120 micras
1 capa de pintura acabado poliuretano	50 micras
<b>Total</b>	<b>270 micras</b>

### **Marcas.**

- Marcas de calado.

Las marcas de calado indicadas en el sistema métrico internacional se perfilarán con soldadura y se pintarán. Irán en Proa en la parte central y en Popa en Babor y Estribor.

- Maracas de francobordo y tonelajes.

Las marcas del Convenio Internacional de Lineas de Carga se perfilarán con soldadura y se pintarán en la parte central en babor y en estribor.

- Insignia del Armador.

La insignia del Armador se perfilará con soldadura y se pintará en las chimeneas.

- Logotipo.

El logotipo del Armador se perfilará con soldadura y se pintará en ambos costados del buque, de acuerdo con el Plano de Disposición General.

- Marcas de mamparo.

Los mamparos y cubiertas de tanques se marcarán en el forro exterior, en su intersección, con un pequeño cordón de soldadura. La línea de agua de plena carga se marcará también con pequeños cordones de soldadura espaciados tres metros.

- Nombre y Puerto de Matrícula.

El nombre del buque se perfilará con soldadura y se pintará en Proa y Popa, en Babor y Estribor. El puerto de matrícula será igualmente perfilado y pintado, en popa bajo el nombre del buque.



### 8.8.3. Pintura interior de la estructura, excepto tanques

#### Locales de máquinas.

Describimos a continuación las pinturas que llevará el buque en los siguientes locales de máquinas:

- Cámara de Máquinas.
  - Locales del servomotor.
  - Local del generador de emergencia.
  - Local de la hélice de proa.
  - Locales de maquinaria hidráulica.
- En cubiertas, techos, mamparos, guardacalores, forro interior y puntales se utilizarán pinturas de base convencional teniendo en cuenta los siguientes espesores:

(1) En superficies no aisladas:

2 capas de alkyd primer	110 micras
1 capa de alkyd de terminación	50 micras
<b>Total DFT</b>	<b>160 micras</b>

(2) Bajo aislamientos:

No se pintará; se repasará el shop-primer en las partes dañadas.

- En mamparos, forro interior y puntales bajo la tapa del doble fondo:

1 capa de epoxi	150 micras
<b>Total DFT</b>	<b>150 micras</b>

- En pocetes de sentinas:

1 capa de pintura epoxi modificado (color claro)	150 micras
<b>Total DFT</b>	<b>150 micras</b>

- Interior de chimenea (pintura de base convencional) y exterior del recubrimiento de elementos sometidos a calor:

1 capa de imprimación resistente al calor	30 micras
1 capa de terminación resistente al calor	30 micras
<b>Total DFT</b>	<b>60 micras</b>

**Otros espacios interiores excepto garajes y tanques:**

- Techos y mamparos no forrados (pintura de base convencional):

1 capa de alkyd primer	80 micras
1 capa de alkyd de terminación	80 micras
<b>Total DFT</b>	<b>160 micras</b>

- Cubiertas no pavimentadas (pintura de base convencional):

1 capa de alkyd primer	80 micras
1 capa de alkyd de terminación	80 micras
<b>Total DFT</b>	<b>160 micras</b>

- Bajo la protección o aislamiento de techos y mamparos forrados:

No se pintarán; se repasará el shop-primer en las zonas dañadas.

- Bajo la protección de techos forrados y mamparos de espacios refrigerados (pintura de base convencional):

1 capa de epoxi	80 micras
<b>Total DFT</b>	<b>80 micras</b>

- Cubiertas pavimentadas:

No se pintarán; se repasará el shop-primer en las zonas dañadas.

- Cofferdams y espacios vacíos accesibles:

1 capa de tar epoxi	80 micras
<b>Total DFT</b>	<b>80 micras</b>

- Cajas de cadenas:

1 capa de tar epoxi	150 micras
<b>Total DFT</b>	<b>150 micras</b>

**8.8.4. Pintura interior de garajes y tanques (estructura).**

- Garajes

(1) Mamparos y techos

1 capa de pintura epoxi primer	70 micras
2 capas de poliuretano color blanco	70 micras
<b>Total DFT</b>	<b>140 micras</b>



- (2) Cubiertas y rampas (excepto superficie de rodadura de la rampa):

1 capa epoxi anticorrosiva	125 micras
1 capa epoxi acrílica de terminación	50 micras
<b>Total DFT</b>	<b>175 micras</b>

La superficie de rodadura de las rampas y cubiertas llevará una capa de Bimark o similar.

- Tanques de lastre y tanques de los piques:

2 capas de epoxi modificada	250 micras
<b>Total DFT</b>	<b>250 micras</b>

- Tanques de fuel, aceite y diesel-óil:  
No se pintarán. Se cepillarán y aceitarán los techos.
- Tanques de agua dulce:

2 capas de epoxi modificada	250 micras
<b>Total DFT</b>	<b>250 micras</b>

- Tanques de agua residual:

1 capa epoxi primer	200 micras
2 capas epoxi de terminación	100 micras
<b>Total DFT</b>	<b>300 micras</b>

### 8.8.5. Pintado de elementos no estructurales

#### Elementos exteriores

- Timones
  - Exterior: Como forro/fondo exterior.
  - Interior: Pintado por rellenado y drenaje con pintura bituminosa.
- Mástiles, pescantes, conductos de ventilación (excepto los galvanizados), por el exterior: Como los espacios circundantes.
- Maquinaria de cubierta, zonas dañadas:

1 capa de pintura de terminación	30 micras
<b>Total DFT</b>	<b>30 micras</b>





- Maquinaria de cubierta, polines: Pintados como la cubierta.
- Bitas, tubos de escobén y de cadenas:

1 capa de pintura bituminosa	40 micras
<b>Total DFT</b>	<b>40 micras</b>

- Ancas y cadenas:

Una capa de solución bituminosa en caso de que el tratamiento dado por el suministrador de los equipos estuviese defectuoso.

- Escalas, barandillas y escotillas de acceso:

El mismo tratamiento que los espacios adyacentes. Las escalas exteriores serán galvanizadas en caliente.

#### **Elementos interiores:**

- Partes bajas de las chapas del techo, plataformas no estructurales, polines de maquinaria, tanques no estructurales y soportes de acero de Cámara de Máquinas: Como las áreas adyacentes.

- Tratamiento interno de tanques no estructurales:

El mismo tratamiento que los estructurales si van a llevar el mismo o similar producto que éstos y el tamaño del tanque lo permite.

- Conductos de ventilación, excepto los galvanizados, superficie exterior: Como las áreas adyacentes.
- Conductos de ventilación, excepto los galvanizados, superficie interior:

1 capa de shop-primer anticorrosivo	40 micras
<b>Total DFT</b>	<b>40 micras</b>

- Maquinaria, zonas dañadas:

1 capa de pintura de terminación	30 micras
<b>Total DFT</b>	<b>30 micras</b>

- Escalas de acceso: Como las áreas adyacentes.
- Enjaretados de madera, estanterías y otros elementos de madera: No se pintarán.
- Elementos con protección o aislamiento no se pintarán.



### 8.8.6. Pintado de tuberías (excepto las galvanizadas)

- Abrazaderas de tuberías interiores y exteriores: Como las superficies circundantes.
- Soporte de tuberías interiores y exteriores: Como las superficies circundantes.
- Válvulas y otros accesorios:

1 capa de pintura de terminación	30 micras
<b>Total DFT</b>	<b>30 micras</b>

- Superficie externa de las tuberías en general: Como las superficies circundantes, excepto que se especifique otro tratamiento.
- Superficie interna de las tuberías en general: No se pintarán excepto que se especifique otro tratamiento.
- Tuberías bajo aislamiento: No se pintarán.
- Tuberías galvanizadas, solamente si la superficie circundante está pintada, ver siguiente apartado:

1 capa de wash primer	10 micras
<b>Total DFT</b>	<b>10 micras</b>

- Una capa de acabado del mismo tipo y espesor que el de la superficie circundante.
- Tuberías con aislamiento o que no sean de acero, no se pintarán.

### Pintado de superficies galvanizadas

- Pintado de elementos excepto en tanques, bajo aislamientos, bajo plancha de piso y los indicados en el siguiente apartado:

1 capa de wash primer	10 micras
<b>Total DFT</b>	<b>10 micras</b>

Una capa de acabado del mismo tipo y espesor que el de la superficie circundante.

- Superficie interior de tuberías: Sin tratamiento.



### 8.8.7. Galvanizado

Las tuberías y elementos que a continuación se especifican serán galvanizados en caliente, tanto interior como exteriormente; las tuberías comerciales galvanizadas podrán ser usadas a la elección del Astillero. Cuando haya que soldar después de galvanizar (uniones de tuberías, bridas, etc.) se aplicará exteriormente una mano a brocha de una pintura rica en zinc.

#### **Tuberías y accesorios**

Las tuberías de acero hasta DN 200 mm de los servicios que se indican a continuación serán galvanizadas en caliente. No obstante, las tuberías de estos servicios de DN 200 mm o más serán galvanizadas o pintadas con dos manos de coal tar epoxi de 125 micras cada mano (Total DFT 250 micras).

- Agua salada de refrigeración excepto sistema de centralizado de refrigeración.
- Baldeo y contraincendios.
- Descargas sanitarias.
- Imbornales
- Llenado y descarga de lastre.
- Sentinas, atmosféricos y reboses de tanques de agua.
- Sondas interiores de tanques de agua.
- Agua dulce caliente sanitaria (Tubería de acero).
- Agua dulce fría sanitaria (Tubería de acero).

Las tuberías galvanizadas no será necesario pintarlas, excepto en cubierta, espacios de carga y Cámara de Máquinas.

#### **Elementos exteriores.**

Los siguientes elementos exteriores serán galvanizados y generalmente no se pintarán:

- Trincas de botes.
- Pequeñas cadenas.
- Grilletes y guardacabos pequeños.
- Accesorios de acero de las escaleras de la acomodación si no son de aluminio.
- Barandilla y pasamanos.

#### **Elementos interiores:**

Los siguientes elementos interiores serán galvanizados y no se pintarán:



- Conductos no estructurales y pantallas de ventilación y aire acondicionado en acomodación (A menos que sean de aluminio u otro material resistente a la corrosión o que tengan un tratamiento adecuado contra la corrosión).
- Rejillas de aspiración y cajas de fangos del servicio de sentinas (A menos que sean de fundición).
- Estructura soporte de estanterías en paños.

## 8.9. Protección catódica

A fin de proteger la estructura sumergida de las posibles corrosiones provocadas por la acción galvánica se usará un sistema de corrientes impresas de cuatro ánodos y dos electrodos de referencia, mediante dispositivos eléctricos con control automático dimensionados para una densidad de corriente de 40 mA/m<sup>2</sup>. Se prestará una especial consideración al interior de las tomas de mar, a los tuneles de las hélices de maniobra de proa y zonas del casco próximo a las hélices de propulsión.

Los ánodos y sus pastillas soportes serán conforme a los estándares del Astillero.

Por otro lado también se instalarán ánodos en los tanques de lastre y antiescora.

Los ejes de cola y mecha de los timones tendrán toma de tierra.

## 9. SERVICIOS DE SENTINAS

### 9.1. Introducción

La regulación de este servicio se indica en el Reglamento SOLAS, Capítulo II-1, Parte C, Regla 35-1.

Todos los espacios cerrados del buque que no dispongan de medios de vaciado propios por su función, deberán disponer de una conexión al sistema de achique capaz de achicar el agua de dichos espacios en caso de inundación.

Los espacios altos del buque dispondrán de un sistema de imbornales capaz de evacuar el agua acumulada en ellos hacia los locales bajos, los cuales serán achicados por el sistema de sentinas.

El sistema de sentinas se subdivide en dos subsistemas, cada uno de ellos capaz de achicar los espacios en distintas condiciones:



- **Achique de emergencia**, capaz de achicar los espacios en caso de emergencia por inundación.
- **Achique de aguas sucias o sentinas**, achica el agua sucia acumulada en los espacios, se trata de un sistema de limpieza de los espacios. Las aguas sucias acumuladas pueden ser originadas por fugas de líquido en caso de reparaciones o mantenimiento o simplemente el producto de procesos de limpieza de los espacios.

## 9.2. Medios de achique de líquidos

Los espacios bajos del buque dispondrán de un sistema de tuberías que permita achicar el agua acumulada en los mismos. Este sistema estará formado por los siguientes elementos:

- Pocetes de sentinas: todos los espacios a proteger por el sistema dispondrá de cajas en el piso donde se acumule el agua, de modo que permita la succión de la misma.

Dispondrán de una capacidad mínima en función del tamaño del local y su número y disposición será capaz de acumular el agua del espacio en cualquier condición de escora o asiento del buque. La capacidad mínima es de 150 litros.

Los que estén en doble fondo no tendrán una profundidad superior a la altura del doble fondo en crujía disminuida en 457 mm.

Ninguno de estos pocetes quedará por debajo de un plano horizontal que pase por la intersección del contorno fuera de miembros de la cuaderna maestra del buque con una renca inclinada 25° sobre la horizontal que pasa por el vértice inferior correspondiente del rectángulo circunscrito a la cuaderna maestra.

Serán de chapa de acero.

Por regla general se dispondrán pocetes a proa y popa del compartimento estanco así como en el costado de babor y estribor.

- Ramales de succión: se dispondrán ramales para cada uno de los pocetes dispuestos en el buque, estos ramales permitirán achicar el agua acumulada en los pocetes.
- Colector de sentinas: todos los ramales de succión se conectarán a un colector común por donde se succionará para achicar el agua.



- Válvula de no retorno: los ramales a los pocetes dispondrán de válvula de no retorno para impedir que se produzca retorno de agua desde los espacios inundados a espacios secos.
- Filtro: se dispondrá en todos los ramales de sentinas un filtro para separar los elementos sólidos.

### 9.3. Sistema de achique de emergencia

El sistema dispondrá de un equipo de achique, bombas de sentinas, capaz de succionar de los pocetes de sentinas a través del colector de sentinas y descargar al mar el agua acumulada en el espacio en caso de inundación.

Este sistema dispondrá de dos medios de achique de emergencia para cada uno de los espacios a proteger:

- Conexión directa de emergencia: en todos los espacios se dispondrá una conexión desde uno de los pocetes a la entrada de las bombas de sentinas, de modo que se pueda achicar el espacio en caso de rotura del colector de sentinas.
- La mayor de las bombas dispuestas en el espacio y que no opere con líquidos inflamables, dispondrá de una tubería de succión al espacio, que permita achicar el agua del espacio y descargar al mar.

#### **Dimensionamiento de los ramales y colector de sentinas en función del tamaño del espacio:**

**Diámetro del colector de sentinas:**

$$d_c = 1.68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + D)} + 25$$

donde

- $d_c$ : diámetro interno del colector principal (mm).
- B: manga máxima de trazado (m).
- D: puntal de trazado a la cubierta de cierre (m).
- L: eslora entre perpendiculares (m).

Con lo que tenemos que el diámetro del colector de sentinas es:

B	=	22,9 m							
D	=	8,5 m				$d_c =$	148 mm		
L	=	171,5 m							



Para la determinación del diámetro comercial a montar, Burea Veritas especifica que se tome el diámetro más próximo.

#### **Diámetro de los ramales de sentinas:**

$$d_r = 2,16 \cdot \sqrt{C \cdot (B + D)} + 25$$

donde

- $d_r$ : diámetro del ramal (mm).
- C: eslora del compartimento (m).
- B: manga del buque (m).
- D: puntal del buque a la cubierta de francobordo (m).

Nunca debe ser menor de 50 mm ni mayor de 100 mm.

#### **Cálculo de la capacidad de sentinas:**

Según el párrafo 3.6 del Capítulo II-1 del Convenio SOLAS consolidado 09, toda bomba de sentina motorizada será capaz de bombear el agua a una velocidad no inferior a 2 m/s en el colector de achique prescrito, es decir:

$$Q = \frac{5,65}{1000} \cdot d_c^2$$

siendo:

- Q: capacidad para impulsar el agua a 2 m/s ( $m^3/h$ ).
- $d_c$ : diámetro interior del colector (mm).

**Según la normativa a un buque de carga se le exige un mínimo de 2 bombas.**

Las bombas a instalar darán una presión de 20 m.c.a.

Para el cálculo del motor eléctrico que acciona la bomba supondremos los siguientes rendimientos:

$$\eta_m = 0.85$$

$$\eta_e = 0.75$$

Siendo

- $\eta_m$ : Rendimiento mecánico; rendimiento de la transmisión entre el accionamiento, motor eléctrico, y la bomba.
- $\eta_e$ : Rendimiento del motor eléctrico.

En base a lo indicado tenemos los siguientes resultados:

$d_c =$	148	mm	→	$Q = 124 \text{ m}^3/\text{h}$		$P_b = 6,74 \text{ kW}$
$v =$	2	m/s				$\eta_m = 0,85$
					→	$P_{eje} = 7,93 \text{ kW}$
						$\eta_e = 0,75$
m.c.a =	20	m		$P = 196$	Pa	$P_{me} = 10,58 \text{ kW}$

El buque llevará dos bombas centrífugas autocebadas con una potencia unitaria de 6.74 kW. El accionamiento de estas bombas es un motor eléctrico cuya potencia unitaria es 10,58 kW estando estos alimentados desde el cuadro eléctrico de emergencia.

### **Bomba auxiliar de pistones de emergencia.**

Las bombas centrífugas autocebadas de caudal elevado y poca presión, como son las anteriores, tienen el inconveniente de que se desceban cuando la cantidad a achicar es pequeña.

Por ello, además de montar las bombas exigidas por reglamentación, se montará una bomba alternativa de poca capacidad que tiene la ventaja de no descebarse, y que se empleará para achicar de la Cámara de Máquinas las pérdidas de los circuitos internos y de las bodegas el agua que haya podido entrar del exterior.

Esta bomba auxiliar tendrá una capacidad de 20 m<sup>3</sup>/h a una presión de 3 bares por lo que la potencia demandada será 1,67 kW.

Considerando los siguientes rendimientos:

$$\eta_m = 0.65 \Rightarrow P_{eje} = 2,56 \text{ kW}$$

$$\eta_e = 0.85 \Rightarrow P_{me} = 3 \text{ kW}$$

Por tanto la bomba estará accionada por un motor eléctrico de 3 kW.

### **Normativa cumplir:**

Dada la grave pérdida de estabilidad que originar la acumulación de una gran cantidad de agua sobre las cubiertas en los espacios protegidos por sistemas fijos de extinción de incendios por aspersión de agua a presión (ver punto 12.5), el sistema de desagüe y achique ha sido calculado de modo que sea capaz de evacuar al menos el 125% (exigido por SOLAS) de la capacidad conjunta de las bombas de aspersión de agua y del número requerido de lanzas contraincendios de modo que se evite la formación de superficies libres.





El 125% de la capacidad exigida por ley es aproximadamente  $950\text{m}^3/\text{h}$  y el buque lleva instalado las siguientes bombas que cubren dicha demanda:

- 2 bombas de sentinas de  $2 \times 124 \text{ m}^3/\text{h} = 248 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- 1 bomba auxiliar de pistones de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- 2 bombas del sistema de lastre  $2 \times 350 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{700 \text{ m}^3/\text{h}}$ .  
 $968 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 9.4. Sistema de achique de aguas sucias

Este sistema será capaz de achicar el agua sucia acumulada en los pocetes, tratarla descargando al mar el agua limpia y acumular los residuos a bordo hasta llegar a puerto.

El sistema dispondrá de los siguientes elementos:

- Separador de sentinas: este equipo succiona del colector de sentinas, para ello dispondrá de una bomba, y procede a la depuración del agua sucia separando los elementos pesados del agua.

Los elementos pesados se descargar al tanque de lodos.

- Medidor de contenido en aceite, hidrocarbúmetro: a la salida del separador se dispondrá un equipo que medirá el contenido de hidrocarburos, generalmente utiliza la atenuación de la luz que producen las partículas pesadas.

En el caso de que el contenido de hidrocarburos es menor de 15 partes por millón se procede a descargar el agua limpia al mar, en caso contrario se almacena en el tanque de sentinas.

El buque dispondrá de una bomba de lodos que será capaz de succionar el agua sucia de los tanques de lodos y sentinas y descargarlo a puerto para su posterior tratamiento.

##### **Separador de sentinas:**

Se instalará en el buque un separador de sentinas que cumple con lo especificado la Resolución A.393(X) de MARPOL.

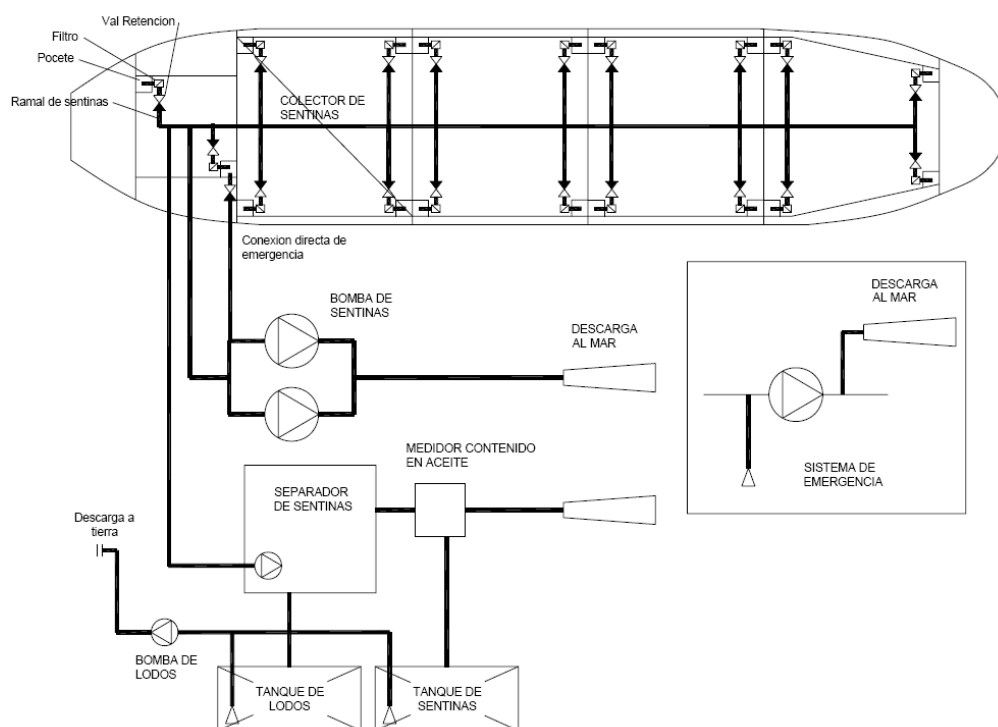
Ira provista de una bomba centrífuga capaz de dar un caudal de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  a una presión de 2 bares, por lo que tendrá una potencia unitaria de 0,27 kW.

La bomba estará accionada por un motor eléctrico con una potencia de 0,62 kW. Se ha considerado para los cálculos un rendimiento mecánico de 0,6 y un rendimiento eléctrico del motor de 0,62.

La bomba aspira de la sentina los derrames de los distintos tanques de la cámara de máquinas. El agua que sale del separador pasa a través de un oleómetro que controla que el contenido oleoso sea inferior a 15 partes por millón en cuyo caso descargada al mar. Si no se da dichas condiciones dicha agua es retornada a sentinas. Los hidrocarburos resultantes de dicha separación son enviados al tanque de lodos para, desde éste, ser conducido al incinerador.

El tanque de lodos

## 9.5. Esquema del sistema de sentinas





## 10. SERVICIO DE LASTRE

El buque montará un servicio de lastre servido por 2 bombas dispuestas a tal efecto, es decir lastrado, deslastrado y trasiego de lastre, pudiendo efectuarse estas operaciones en cualquier tanque de los dispuestos al efecto sin que motive inundación o achique de otros compartimentos que no sean para este fin.

El sistema de lastre estará diseñado de tal modo que permita normalmente a dos bombas de lastre trabajar simultáneamente en operaciones de lastre y deslastre.

Por prescripción del SOLAS, los tanques de lastre estarán revestidos durante la construcción de conformidad con las normas de los revestimientos protectores de los tanques dedicados a lastre de agua de mar (ver Resolución MSC.215(82)).

El servicio de lastre estará formado por dos sistemas de tuberías independientes:

- **Sistema de llenado y achique de tanques de lastre:**

Formado por dos colectores independientes, cada uno para el servicio de una banda.

De cada tubería colectora de lastre partirá un ramal a cada tanque de lastre. Los tanques de adrizado lateral se llenarán y achicarán mediante el sistema de lastre.

Las bombas para servicio de lastre aspirarán directamente de las tuberías antes mencionadas y del mar, y descargarán a las citadas tuberías y al exterior.

Para el llenado directo de los tanques, se dispondrá un sistema de aspiración con conexiones directas al mar, para llenar por gravedad sin necesidad de utilizar bombas.

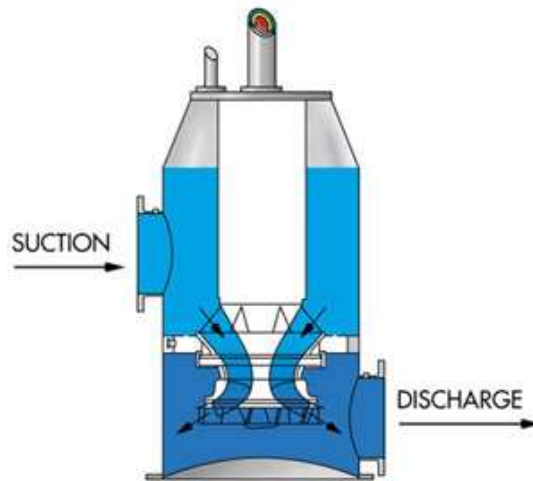
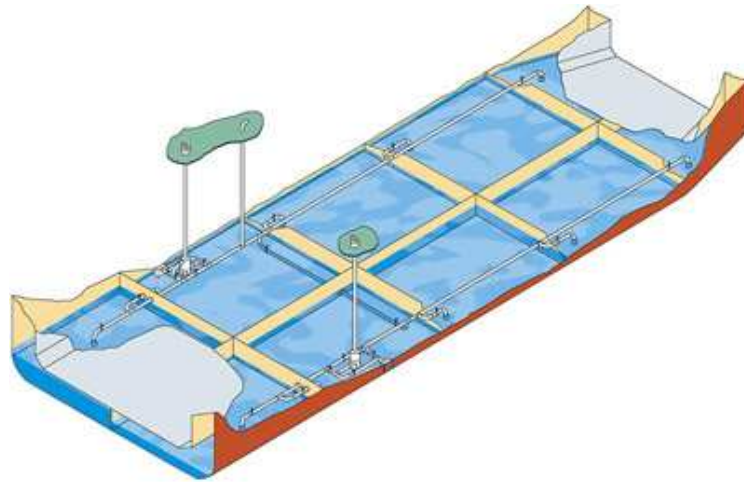
De acuerdo con las Reglas, el ramal del pique de proa estará provisto además de una válvula de control remoto desde cubierta.

Cada lado de presión de las bombas estará conectado a las tuberías principales de lastre y al exterior mediante válvulas manuales. Cada tanque de lastre estará conectado a la tubería principal de lastre con una válvula de control remoto.

Las bombas y las válvulas de control remoto estarán accionadas desde la estación de control de carga y desde el control de la sala de máquinas.

El buque posee una capacidad de lastre igual a 3024 m<sup>3</sup> (ver cuadernillo 5). Este volumen de lastre supone aproximadamente un 41 % del Peso Muerto del Buque (7500 T.P.M) y un 21% en relación con su desplazamiento (14918 toneladas).





## 11. SISTEMA ANTIESCORA

El sistema de lastre será completado con un sistema antiescora activo que permitirá corregir las escoras producidas por la carga y descarga asimétrica.

Este sistema está formado por cuatro tanques laterales simétricos dos a dos conectados entre sí por medio de una tubería transversal. Este sistema podrá limitar automáticamente la escora del buque durante la carga de camiones en puerto, estando dimensionado para corregir, en aproximadamente cuatro minutos, la escora producida por la carga a una banda de ocho camiones.

A continuación se recogen los datos de los tanques del sistema antiescora y se dimensiona el accionamiento eléctrico de la bomba del sistema.

NOMBRE TANQUE	TANQUES DEL SISTEMA ANTIESCORA					
	% Llen	Cap (m3)	Cap (t)	Long (m)	Vert (m)	Trans (m)
TSECO1BPANTOQUE	100%	81	79	67,475	1,762	-9,736
TSECO1EPANTOQUE	100%	81	79	67,475	1,762	9,736
Tanque Antiescora B	82%	76	75	80,523	0,666	-5,767
Tanque Antiescora E	82%	76	75	80,523	0,666	5,767

Q = 2300 m3/h = 38 m3/min						P <sub>b</sub> = 31 kW	
						η <sub>m</sub> = 0,75	
						→ P <sub>eje</sub> = 41,74 kW	
						η <sub>e</sub> = 0,95	
m.c.a = 5 m						P <sub>me</sub> = 44 kW	
P = 49 Pa							





## 12. SERVICIO DE CONTRAINCENDIOS

### 12.1.Introducción

Describiremos en este apartado detalladamente el sistema de prevención, detección y extinción de incendios.

A efectos de aplicación de las Reglas del SOLAS, se han de tener en cuenta las siguientes zonas o espacios:

- Espacios de carga rodada abiertos; la cubierta expuesta situada a 14140 mm sobre la línea de base.
- Espacios de carga rodada cerrados; el garaje dispuesto sobre la cubierta principal (8500mm SLB) y el garaje bajo la misma (2,860 mm SLB).
- Espacios de alojamiento; los que se definen en el Documento de Disposición General.
- Espacios de servicio; Cocinas, gambuzas, talleres que no forman parte de máquinas, y otros semejantes.
- Espacios de categoría especial, considerándose como tales todos aquellos en donde se dispongan equipos de combustión interna (motores, calderas, etc...)

### 12.2.Sistema de detección de incendios

El buque dispondrá de un **sistema fijo de detección de incendios por secciones**. Para la división del buque en secciones se ha de tener en cuenta la normativa.

Los espacios que deberán contar con sistema de detección de incendios son los garajes, la C.C.M.M y la habilitación.

Cada una de estas secciones estará protegida tanto por detectores como por actuadores:

- Los actuadores se activan de forma manual por la persona que detecta el incendio (seta de activación). Se dispondrán de acuerdo a las siguientes normas:
  - Cerca de las salidas de los espacios a proteger, de forma que se facilite la huida de la persona que lo active.
  - Separados como máximo 20 metros.
- Los detectores se dispondrán de modo que cubran todos los espacios a proteger, combinando de tipo térmico o de humo según convenga. La disposición de los mismos será la adecuada para proteger todo el espacio (ver tabla):





Tipo de detector	Superficie máxima de piso abarcada por detector	Distancia máxima entre centros	Distancia con respecto a los mamparos		Limite de activación	
			Mínima	Máxima	Inferior	Superior
Calor Termoelectrónico	37 m2	9 m	0,5 m	4,5 m	54°C	78 °C
Calor Termovelocimétrico					1 °C/min	-
Humo	74 m2	11 m	0,5 m	5,5 m	2% Oscurecimiento por metro	12,5 % Oscurecimiento por metro

Tabla – Disposición de detectores automáticos de incendios.

En las zonas de carga de vehículos se utilizará un sistema de detección de humo por extracción de muestra que funcionara de modo ininterrumpido. Se tendrá en cuenta las siguientes indicaciones:

- Los acumuladores de humos, no estarán separados más de 12 metros en sentido horizontal;
- no se conectaran más de 4 acumulador a un mismo tubo de muestreo, ni acumuladores de distintos espacios.
- se dispondrán dos ventiladores.

Dicho sistema, que estará computerizado, constará de una unidad central que incluya mímica con indicaciones situada en el Puente, y de un cuadro con subalarma en la cabina de control de máquina.

La mímica de incendio de la unidad central constará de:

- Cuadro mímico sinóptico.
- Conmutador de llave (manual/automático) para los ventiladores de acomodación.
- Interruptores de parada de ventiladores, tanto de acomodación como de sala de máquinas.
- Prueba de luces y potenciómetros.

En resumen, el sistema fijo de detección de incendios estará formado por los siguientes elementos:

- **Detectores automáticos de incendios**
- **Actuadores manuales**
- **Cuadro de control:** situado en el Puente de Gobierno o Puesto de control de incendios.  
Dispondrá al menos de:
  - Panel mímico – donde se activara la alarma en la sección detector/actuador.
  - Alarma de fallo de fuente de energía – indicara oscilaciones o fallos en la fuente de energía, indicándose con señal luminosa y sonora.





- Alarma de activación manual de incendio – se activara en caso de activación del sistema mediante un actuador manual.
- **Fuente de energía:** dispondrá de dos fuentes de energía una de ellas de emergencia. Alimentaran tanto el cuadro de control como los detectores automáticos.
- **Alarma general de emergencia.**

### 12.3.Sistema de extinción de incendios con agua salada

El buque dispondrá de un sistema de tuberías que toma el agua salada del mar y la distribuye por todos los locales a proteger del mismo, disponiendo en ellos los medios adecuados para proyectar el agua de forma adecuada sobre cualquier incendio que se produzca a bordo.

El sistema estará compuesto por:

#### Tomas de mar

Dispondrá de 3 tomas de mar, con rejilla exterior y filtro interior para evitar la entrada de elementos sólidos y de válvula de aislamiento, por tratarse de una potencial vía de agua.

#### Medios de bombeo

Según SOLAS, se dispondrán al menos dos bombas contraincendios cuya capacidad de un caudal conjunto igual a  $2/3$  del caudal prescrito para una bomba de sistema de achique de un buque de pasaje de iguales características, no siendo necesario que el caudal conjunto sea superior a  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ . También prescribe que la presión en todas las bocas contraincendios ha de ser de  $0,27 \text{ N/mm}^2$  ( $2,7 \text{ bares} = 27 \text{ mca}$ ).

Para el cálculo de la bomba de sentinas se ha de tener en cuenta el diámetro del colector prescrito por SOLAS y la velocidad de  $2 \text{ m/s}$ . Resultado de estas dos consideraciones se ha obtenido que el caudal prescrito por SOLAS para una bomba de sentinas de un buque de pasaje equivalente es de  $124 \text{ m}^3/\text{h}$ . Luego la capacidad total exigida de la bombas debe ser no inferior a  $4/3$  de  $124 \text{ m}^3/\text{h}$ , es decir,  $165 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Teniendo en cuenta todo lo indicado anteriormente, se dispondrá de 2 bombas contraincendios de capacidad individual  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  con una presión de  $60 \text{ m.c.a}$  y una consumo eléctrico de  $21 \text{ kW}$  que tomarán agua salada a través de la toma de mar y lo bombearan al circuito del sistema de contra incendios.



Una de ellas estará dispuesta en la cámara de máquinas y la otra en el local de la hélice de maniobra. Con esta disposición de las mismas se garantiza que en caso de incendio en un local donde se encuentre una bomba, existan medios exteriores a este espacio para garantizar el suministro de agua al circuito. La dispuesta en el local de la hélice de maniobra dispondrá de conexión tanto al cuadro principal como al de emergencia.

Se trata de bombas de tipo centrifugas y autocebadas.

Cálculos efectuados:

Diagram illustrating the power flow in a pump system:

- Pump Section:**
  - Flow rate:  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Pressure head:  $P = 60 \text{ mca} = 588 \text{ Pa}$
- Motor Section:**
  - Input power:  $P_b = 15 \text{ kW}$
  - Efficiency:  $\eta_e = 0,75$
  - Output power:  $P_{eje} = 19,60 \text{ kW}$
  - Efficiency:  $\eta_m = 0,95$
  - Motor power:  $P_{me} = 21 \text{ kW}$

## Colector de contra incendios

Se dispondrá un colector de contraincendios que ira de proa a popa del buque y dará servicio a todos los espacios a proteger por el sistema.

## Ramales a los espacios a proteger

Desde el colector de contra incendios se dispondrán ramales a todos los espacios a proteger con el fin de hacer llegar el agua salada a todos ellos. También se dispondrá ramales equipados con bocas contraincendios para proteger la cubierta expuesta, todo ello acorde a las reglas del SOLAS.

## Bocas de contra incendios

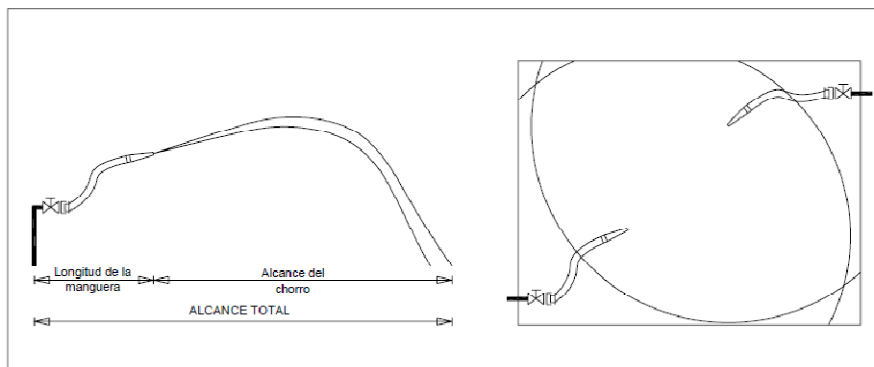
Dentro de los espacios a proteger se dispondrá bocas de contra incendios para controlar la distribución de agua salada.

El número y posición de las bocas contra incendios deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Se debe poder atacar cualquier punto del local con al menos dos chorros de agua que no procedan de la misma boca contra incendios, para ello una de ellas podrá disponer de dos mangueras unidas.
- En las cubiertas de carga rodada se cumplirá con el criterio anterior pero ambos chorros se suministraran con un solo largo de manguera.
- Una de estos chorros de agua podrá estar conectado a una boca contra incendios que se encuentre en un local adyacente, siempre que no se deba acceder a través de una puerta estanca

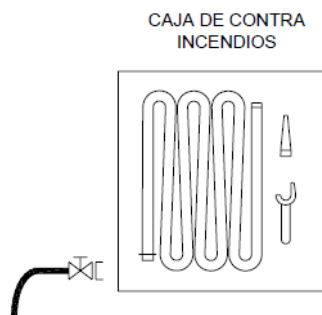
(estará cerrada en caso de emergencia) o pertenezcan a espacios verticales de contra incendios distintos.

- Se dispondrán cerca de los accesos al local, de forma que se garantice la seguridad durante las operaciones de extinción.



### Manguera de contra incendios

En el buque se dispondrán 7 mangueras. Estas estarán estibadas en cajas de contra incendios de modo que sean fácilmente accesibles. En dichas cajas además se dispondrá una lanza y herramienta adecuada para conectar la manguera a la boca.



### Lanza contra incendios

Cada manguera dispondrá en el extremo de salida de una lanza de contra incendios, cuya función es controlar la salida de agua. Dispondrá de tres posiciones de funcionamiento:

- Posición cerrada, no sale agua.
- Posición de chorro, el agua se estrangula de forma que se proyecta en forma de chorro con un alcance grande pero pequeña área de aplicación.
- Posición de aspersión, el agua sale en forma de nube de agua, cuyo alcance es pequeño pero el área de aplicación es grande.



## Válvula de aislamiento

El ramal de contra incendios desde el colector que va al espacio donde se encuentran dispuestos los medios de bombeo, dispondrá de una válvula de aislamiento, fuera del local y accesible, para poder aislar dicha zona del colector en caso de incendio en dicho local, de forma que se pueda alimentar el colector desde otro medio de bombeo.

## Conexión internacional a tierra

Se dispondrá en el colector de contra incendios una conexión a tierra para poder suministrar agua al circuito desde el puerto, cuando el buque se encuentre amarrado, en previsión de que los medios de energía del buque se encuentren apagados y por lo tanto los medios de bombeo inoperativos.

Dicha conexión está definida por el SOLAS y es igual en todos los buques de modo que se garantiza que se pueda conectar en cualquier puerto del mundo.

## Sistema de presurización

El sistema de contra incendios debe garantizar que se dispondrá de agua salada en cualquier espacio a proteger de forma inmediata y en caudal y presión adecuada, para ello, el colector y los ramales estarán permanentemente llenos de agua y a una presión adecuada.

Para ello en caso de disminución de la presión en el circuito por pérdidas o variación de temperatura debe disponer de un sistema de presurización adecuado.

El sistema de presurización estará formado por:

- Tanque de presurización: tanque lleno de agua salada, bajo presión conectado al colector de forma que en caso de bajada de presión en el mismo, el agua del tanque pasa al circuito manteniendo siempre la presión.
- Alimentación de aire a presión en el tanque, mantiene la presión en el interior del tanque.
- Alimentación de agua salada en el tanque, mantiene el nivel de agua salada. Para ello se dispondrá una bomba de presurización que toma agua salada de una toma de mar y descarga al tanque. Arrancará de forma automática en caso de descenso del nivel de agua en el tanque.



## 12.4. Sistema automático de rociadores en acomodación

Toda la habilitación estará protegida por un sistema automático de rociadores. Este consiste en un sistema de tuberías capaz de proyectar agua de forma uniforme y en cantidad adecuada sobre cada una de las superficies de los espacios a proteger de forma independiente.

El sistema cumplirá las siguientes características:

- Estará alimentado con agua dulce, con el fin de proteger el mobiliario y equipo que se dispone en acomodación, aunque una vez agotada la almacenada a tal efecto si el incendio no ha sido apagado se proyectara agua salada;
- será un circuito presurizado, es decir, el sistema de tuberías estará lleno de agua dulce a presión de modo que en caso de incendio la proyección de agua sea inmediata, y;
- será un sistema que actuará de modo automático en presencia de un incendio sin que sea necesaria la intervención humana.

El sistema estará compuesto por:

**Tanque de agua dulce** – tanque presurizado donde se almacena el agua dulce que se va a utilizar para extinguir el incendio, mantendrá la presión en todo el circuito. El tanque dispondrá de conexión de agua dulce para rellenarlo tras ser utilizado y de aire comprimido para mantener la presión.

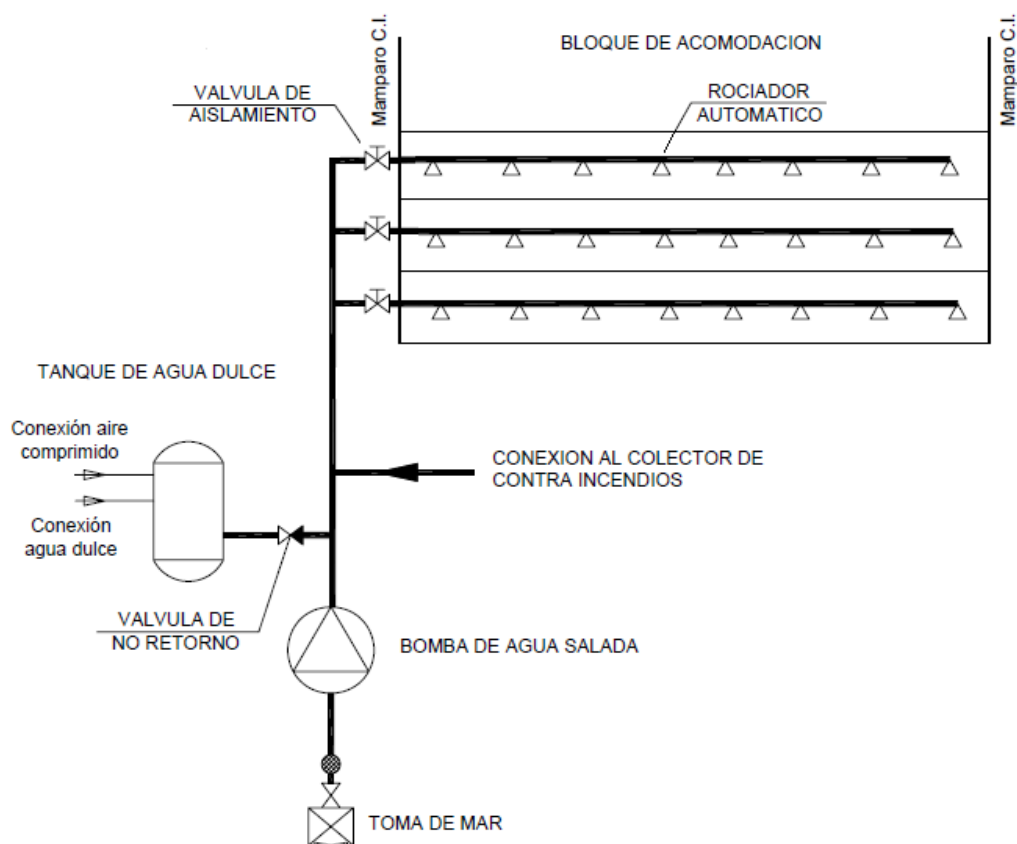
**Bomba de agua salada** – bomba que bombea agua salada al circuito del sistema. Esta arrancara de forma automática cuando la presión del circuito disminuya al agotarse el agua dulce. La bomba tomara agua del mar a través de una toma de mar que dispondrá de rejilla, filtro y válvula de aislamiento.

**Válvula de no retorno** – la válvula impide la entrada del agua salada bombeada por la bomba en el tanque de agua dulce, evitando de este modo su deterioro.

**Válvula de aislamiento** – válvula situada en cada uno de los ramales de suministro de agua a los espacios a proteger que permite aislar cada uno de los espacios durante las labores de mantenimiento o restablecimiento del sistema tras ser utilizado, manteniendo operativo el resto del circuito y por lo tanto protegidos el resto de los espacios de acomodación.

**Rociadores automáticos** – elementos situados en las salidas de agua del circuito que garantizan una distribución uniforme y en cantidad adecuada. Su número y disposición será la adecuada para cubrir todo el espacio a





## 12.5. Sistema de aspersores en cámara de máquinas, cubierta de carga rodada y otros locales

En la Cámara de Máquinas y en los Garajes<sup>4</sup> sobre y bajo cubierta principal se instalará un sistema de aspersores. Consiste en un sistema de tuberías capaz de proyectar agua de forma uniforme y en cantidad adecuada sobre cada una de las superficies de los espacios a proteger de forma independiente.

El sistema cumplirá las siguientes características:

- Estará alimentado con agua salada ya que es inagotable y los daños sobre los equipos que se encuentran en estas zonas es prácticamente equivalente al que produciría el utilizar agua dulce;
- el circuito de tuberías estará vacío hasta que se detecte el incendio, de este modo se evitara que se produzca corrosión. En el momento en que se detecta el incendio, y mediante intervención humana, se arrancara la bomba y se procede al llenado del circuito y la descarga de agua a través de los

<sup>4</sup> Véase la Resolución de Asamblea de la OMI A.123(V) – Recomendación sobre sistemas fijos de extinción de incendios en espacios de categorías especial.



aspersores (existirá un retardo entre que se detecte el incendio y se proceda a su extinción), es decir, este sistema será manual.

El sistema estará compuesto por:

**Bomba de agua salada** – bombea el agua salada al circuito del sistema, tomara agua del mar a través de una toma de mar que dispondrá de rejilla, filtro y válvula de aislamiento.

**Válvula de aislamiento** – válvula situada en cada uno de los ramales de suministro de agua a los espacios a proteger que permite aislar cada uno de los espacios durante las labores de mantenimiento o restablecimiento del sistema tras ser utilizado, manteniendo operativo el resto del circuito y por lo tanto protegidos el resto de los espacios de acomodación.

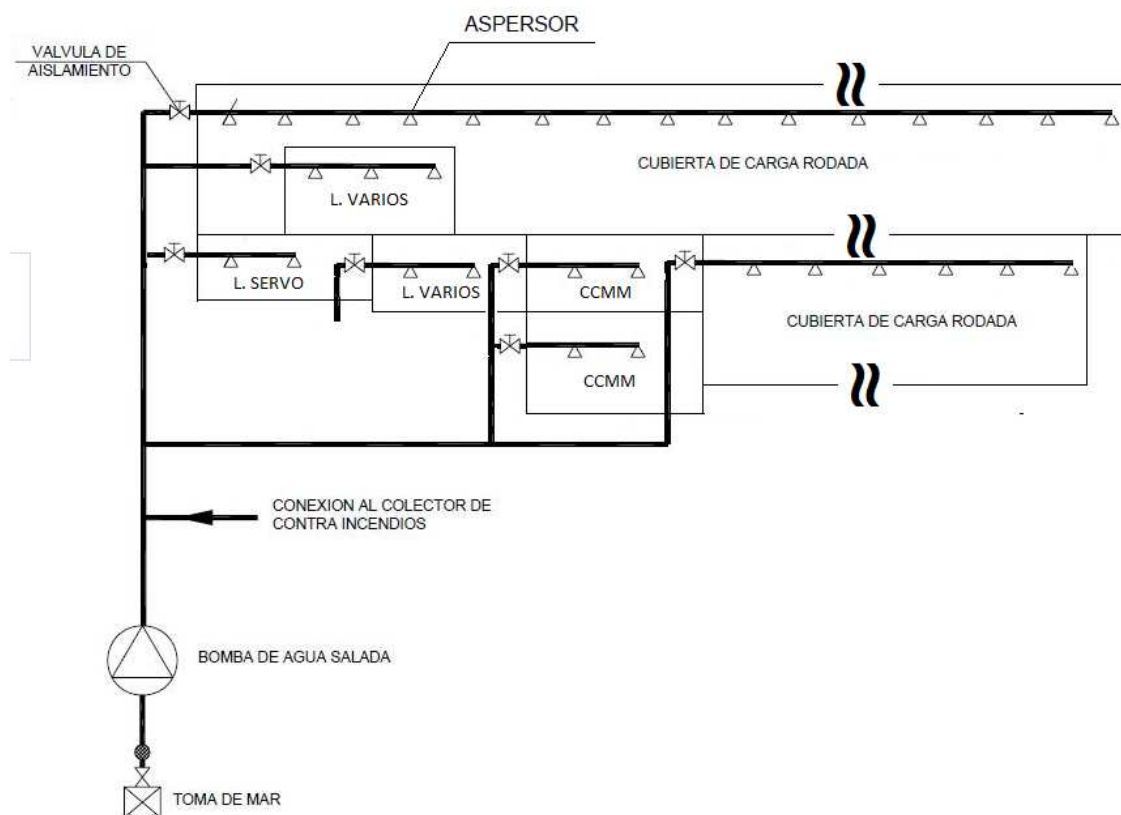
**Aspersor** – elemento situado en las salidas de agua del circuito que garantizan una distribución uniforme y en cantidad adecuada. Su número y disposición será la adecuada para cubrir todo el espacio a proteger. Estarán abiertos permanentemente.

**Conexión al colector de contra incendios** – el sistema dispondrá de una conexión de alimentación desde el colector de contra incendios de modo que pueda ser alimentado por las bombas de contra incendios en caso de fallo de la bomba de agua salada del sistema.

A continuación se presenta un esquema de dicho sistema:



### ESQUEMA DE SISTEMA DE ASPERORES



### Dimensionamiento del sistema.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de este sistema, se ha tenido en cuenta las prescripciones indicadas en el SOLAS y lo indicado en la circular MSC.1/Circ.1272.

Se decide instalar un Sistema de cortina de agua con descarga automática y manual. Dicho sistema utiliza lanzas abiertas acopladas a una red de tuberías conectada a un suministro de agua a través de una válvula que puede abrirse automáticamente mediante las señales procedentes de un sistema de detección de incendios o manualmente.

El sistema estará dividido en secciones y cada una de estas contiene su propia válvula de aislamiento. Las secciones se llevarán a cabo teniendo en cuenta que el tamaño máximo de una sección puede ser 48 m multiplicada por la anchura del espacio de carga (medida como la distancia entre las divisiones de acero herméticas). En el buque proyecto, la sección máxima recomendada sería  $48 \text{ m} \times 21 \text{ m} = 1008 \text{ m}^2$ . Por otro lado la sección mínima recomendada es 20 m de longitud por 14 de anchura.



Atendiendo a lo indicado en el párrafo anterior se ha decidido que la sección máxima que tendremos cubierta por el sistema de aspersores será 600 m<sup>2</sup> (29 m x 21 m).

Teniendo en cuenta que la sección máxima a cubrir por el sistema de aspersores es 609 m<sup>2</sup> y que se ha de poder dar un caudal de 5 l/min·m<sup>2</sup> sobre el mayor área a proteger<sup>5</sup>, tenemos que el caudal necesario es 3045 l/min. Considerando que la bomba tiene que dar una presión de 30 m.c.a tendremos que:

[illegible]

Luego el sistema de aspersores dispondrá de una bomba capaz de dar un caudal de 3 m<sup>3</sup>/min (180 m<sup>3</sup>/h) a una presión de 30 m.c.a. Dicha bomba estará dispuesta en el local de la hélice de maniobra. Además, el sistema de aspersores estará también conectado al colector contra incendios (ver punto 12.3), de modo que pueda ser alimentado por las bombas de contra incendios en caso de fallo de la bomba de agua salada del sistema.

## 12.6.Equipos individuales

Se dispondrán extintores portátiles en todos los espacios a proteger y 2 equipos de bomberos cuya equipación mínima según reglamentación es:

- Indumentaria de protección que protegerá contra quemaduras y el calor y deberá ser impermeable en su parte exterior.
- Botas y guantes de goma y no electroconductor.
- Casco para proteger de golpes en la cabeza.
- Hacha.
- Linterna.
- Aparato respiratorio, ya sea una manguera conectada al exterior, o equipo autónomo con autonomía para al menos 30 minutos.

<sup>5</sup> Una zona no puede incluir más de 200 rociadores.



## 12.7. Protección pasiva contra incendios

Se dispondrán mamparos y cubiertas que cumplan con las prescripciones del SOLAS en lo relativo a resistencia al fuego del buque, las cuales tienen como principales objetivos:

- Impedir que el fuego se propague, restringiéndolo a la zona donde se ha producido y permitiendo de este modo su extinción.
- Protección especial de ciertas áreas contra incendios exteriores: zona de tripulación, vías de evacuación o acceso, equipos de salvamento y abandono de buque o equipos esenciales del buque.
- Aislar zonas de alto riesgo de incendio.

### 13. SERVICIO SANITARIO

Los usos fundamentales del agua dulce abordo serán;

- refrigeración de maquinaria, alimentación de la caldera, etc, y;
- consumo humano.

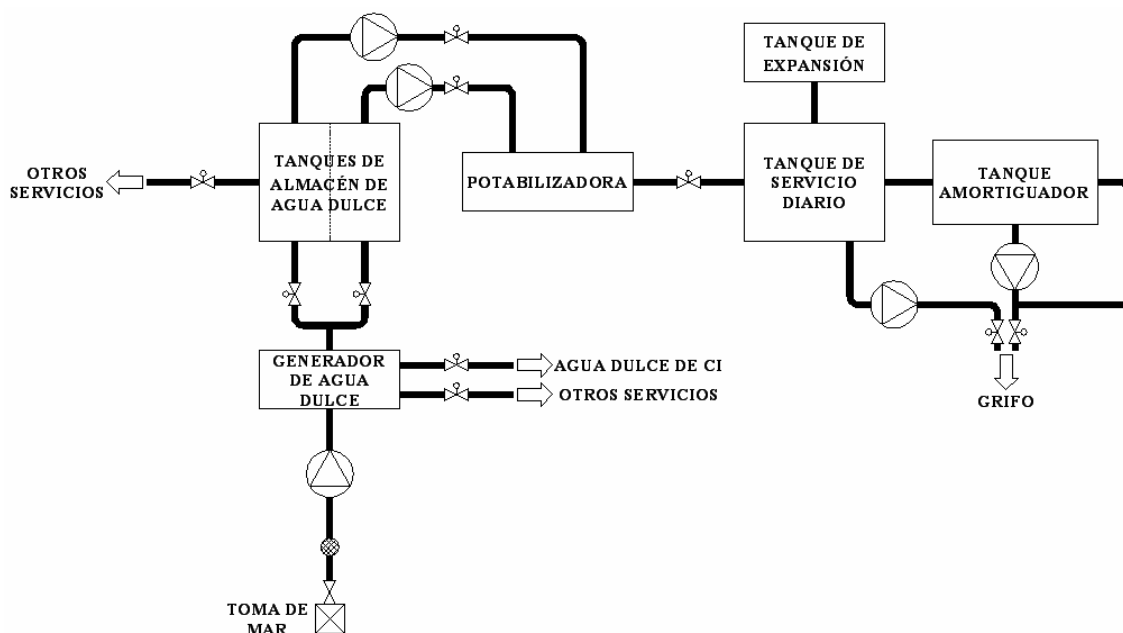
El agua dulce tiene dos orígenes distintos:

- Agua almacenada a bordo, que ha sido embarcada durante la estancia del buque en puerto, y;
- agua destilada a bordo mediante generadores de agua.

El buque en estudio dispondrá de dos tanques almacén de agua sanitaria/potable, con una capacidad conjunta de 107 m<sup>3</sup>. Esta capacidad de almacenamiento de agua dulce potable del buque la hemos obtenido de considerar un consumo de 225 l/persona·día, 25 personas abordo y 19 días de autonomía; es decir:

$$\text{Volumen de agua dulce potable} = \frac{225 \times 25 \times 19}{1000} = 107 \text{ m}^3$$

A continuación se muestra el circuito de agua sanitaria:



Se dispondrá de dos sistemas de agua dulce, uno para servicios sanitarios del buque y otro para el agua potable.



El servicio sanitario estará compuesto por un hidróforo que se llena desde los tanques de agua sanitaria. El tanque a presión suministrará agua para los siguientes servicios:

- Alimentación del tanque calentador de agua dulce.
- Suministro de agua para baldeo de aseos y cocina, y para fluxómetro de todos los inodoros.
- Suministro de agua fría a todas las duchas y lavabos.
- Tanque de expansión agua dulce cilindros motor propulsor.
- Tanque de expansión agua dulce cilindros motores auxiliares.
- Tanque de agua destilada para elevación del rotor purificadoras.
- Tanque expansión agua dulce de refrigeración compresores de aire de arranque del motor principal.
- Tanque filtro agua alimentación de la caldereta.

El elemento fundamental de todo el servicio será el generador de agua dulce. Este obtendrá agua dulce a partir de la evaporación del agua salada procedente del mar, aprovechando el agua de refrigeración de las camisas del motor principal. El agua producida por el generador se conducirá directamente a los tanques de agua sanitaria.

Este circuito constará de dos tanques almacén de agua sanitaria, que estarán alimentados desde el generador de agua dulce pero también dispondrán de conexiones en cubierta para poder cargarlos de agua dulce del exterior.

El agua dulce producida a bordo se obtiene por evaporación del agua salada a una temperatura de unos 45 °C por lo que no se consigue que los posibles gérmenes desaparezcan; además presenta un pH ácido. En el circuito de agua potable será necesario:

- Disminuir el grado de acidez.
- Dotar al agua de las sales minerales necesarias para convertirla en apta para el consumo humano.
- Combatir los posibles gérmenes que transportará.

Los dos primeros objetivos se lograrán con la instalación de un equipo neutralizador-mineralizador. La tercera se combatirá con un clorinador acompañado de su correspondiente declorinador posterior. Otra alternativa válida para esto último sería un sistema de rayos ultravioleta.

El servicio de agua caliente se suministrará a duchas, lavabos, piletas de cocina, oficinas, lavandería y un ramal para limpieza de las ventanas del puente. El suministro de agua caliente se hará por medio de un circuito cerrado, en el que la bomba del sistema hará circular el agua sanitaria caliente a través de un calentador. Este sistema suministrará también agua sanitaria caliente para lavado



de las purificadoras de combustible y de las turbo soplantes del motor principal. El servicio de agua caliente ya se calculó en el balance de vapor del cuadernillo 7.

La aportación de calor necesario se realiza a través del agua de refrigeración de camisas del Motor Principal. También se dispondrán las conexiones necesarias para que el vapor procedente de la caldera pudiera aportar dicho calor si ello fuera necesario.

Para que la evaporación se realice a una temperatura de aproximadamente 45 °C, es necesario provocar un vacío del orden del 90 % en el interior del generador. Ello se consigue mediante la extracción de aire realizada por un eyector. Para el funcionamiento del eyector se instalará una bomba de agua salada.

El vapor producido es condensado, y el agua es recogida en una caja receptora, siendo aspirada por una bomba de extracción de agua dulce y enviada al circuito de utilización.

Esta bomba está incorporada al generador, y su consumo incluido en el del generador.

Se colocará un salinómetro en la tubería de salida, el cual actuará sobre una electroválvula para desviar el agua generada a la sentina si la salinidad es superior a un valor de 4 p.p.m.

Es necesario conocer las necesidades de agua dulce en un día para comprobar que con el calor del agua procedente de la refrigeración de cilindros del motor propulsor es suficiente. Así mismo, este cálculo dimensionará el generador de agua dulce.

### **Generador de agua dulce:**

En la Cámara de Máquinas se instalarán un generador de una sola etapa, tipo evaporador de vacío de baja presión, premontado, de placas y con una capacidad nominal unitaria de 0,3 toneladas/día de agua dulce, cuando trabaje con agua salada a 40°C de temperatura. Con esta también se puede hacer frente a las necesidades de agua dulce técnica, necesaria para el servicio de refrigeración de motores y alimentación de la caldera.

El generador funcionará con el sistema centralizado de agua dulce de alta presión y vapor. Como ya se indicó, el generador toma directamente el agua del mar y la calienta utilizando como fuente caliente el agua de refrigeración de los cilindros o en su caso vapor. El agua una vez calentada se evapora al pasar por un eyector y luego se condensa en enfriador que utiliza como fuente fría el agua salada que va al evaporador, y es aspirada por una bomba para el servicio de circulación y alimentación de los generadores de agua dulce. Esta bomba, que será eléctrica centrífuga no autocebada, tendrá una capacidad nominal de 0,05 m<sup>3</sup>/h funcionando a una presión de 30 m.c.a.



Considerando un rendimiento mecánico de las mismas de 0,75 y un rendimiento eléctrico de 0,9, tenemos que el motor eléctrico que la acciona tendrá una potencia eléctrica igual a **0,4 kW**.

### **Bomba eyectora de agua dulce**

Es la encargada de proporcionar el vacío necesario para la destilación del agua. A tal fin se instalaran una unidad centrífuga autocebada de accionamiento eléctrico, con un caudal de 0,8 m<sup>3</sup>/h y una presión de descarga de 35 m.c.a.

Para el cálculo del motor eléctrico que la acciona, se supondrá que el rendimiento de la bomba es de 0,65 y el eléctrico de 0,8, con lo que tenemos que la potencia del motor que acciona la bomba es de **9 kW**.



## 14. EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN. LUCES DE SEÑALES.

### 14.1. Equipo de navegación

El equipo de navegación del buque comprende el conjunto de instalaciones y sistemas que le permiten:

- ✓ Navegar en la dirección deseada.
- ✓ Conocer el rumbo del buque en cualquier momento, así como la dirección de la navegación necesaria para llegar a puerto o situación deseada.
- ✓ Conocer la situación del buque en cualquier punto y su velocidad para determinar el tiempo previsto de navegación.
- ✓ Determinar factores ajenos al buque que puedan afectar a su itinerario (dirección y fuerza del viento, corrientes, ambiente meteorológico, profundidad del agua, etc).

El conjunto de elementos del equipo de navegación constituye en la actualidad un complejo sistema de equipos electrónicos, de tal forma que reflejen con mayor o menor exactitud los valores de los parámetros medidos.

Todo el equipo de navegación de éste buque satisfará la Publicación IMO 979 82 07E "Standard de de Rendimiento para Equipos de Navegación".

Se instalarán todos los equipos de navegación necesarios de acuerdo con el Capítulo 5 del SOLAS.

#### **Atendiendo a la Regla 12 el buque proyecto llevará:**

- **Compás magistral magnético** de tipo líquido, con dispositivos de reflexión. La rosa estará graduada de 0° a 360° y su diámetro será de 165 mm mínimo. El compás estará montado en una bitácora provista de alidada acimutal para tomar mediciones y demoras, sistema completo de compensación magnética y sistema óptico con iluminación para permitir al timonel la lectura del compás. El compás magnético estará conectado a la alarma de fuera de rumbo.
- Una **giroscópica maestra** y un sistema de alarma que cumplirá con la resolución IMO A.424 (XI) "Standard de Rendimiento para Agujas Giroscópicas". El sistema tendrá las siguientes funciones:





- Conmutación fuente repetidores Giro/ y Compás Magnético.
- Corrección automática de velocidad y latitud.
- Corrección automática de error dinámico.
- Sincronización automática de todos los repetidores y salidas de instrumentos a fuente repetida.
- Todas las salidas darán rumbo correcto.
- Alarma diferencia Giro / Compás magnético.
- Monitor de derrota.
- Alimentación de potencia 24 Voltios corriente continua.

Se instalarán los siguientes repetidores:

- Tres repetidores de marcación, uno en cada alerón y uno en el centro del Puente.
  - Dos alidadas acimutales de reflexión tipo standard.
  - Un repetidor analógico en el local del servomotor.
  - Un repetidor analógico para columna del timonel.
  - Conexiones a los sistemas necesarios; piloto automático, radares, satélite de navegación, radiogoniómetro, etc.
  - Un registrador de rumbos.
  - Repetidor de Aguja Magnética par columna de timonel.
  -
- **Piloto automático:** Cumplirá con la Resolución IMO A.234 (IX) "Standard de funcionamiento de pilotos automáticos". Se instalará un sistema totalmente adaptable de piloto automático con las siguientes funciones / rendimientos:
- Ajuste totalmente automático a velocidad, condiciones de tiempo y de mar.
  - Método de navegación económica y de precisión, con selectores.
  - Cambio de rumbo de radio controlado.

El piloto automático incluirá indicador de Velocidad de Giro y será conmutable entre Giroscópica y Compás.

El sistema estará provisto de caña de control (de puente) para gobierno manual desde caña y para puentear los otros métodos de gobierno en caso de emergencia y tiene capacidad para mover los



dos timones del buque en modo sincronizado y en modo independiente.

- Un **radiogoniómetro automático**, con una gama de frecuencia: 250-550 Khz y 1600-2850 Khz (Prescritas en IV/12b).
- Dos **radares** completos, uno de **banda S** y otro de **banda X**, con intercomunicación total. Se instalarán monitores de rendimiento, dos pantallas ARPA, una en cada alerón, para puesto central de navegación:

El radar de banda S consistirá en los siguientes elementos:

- Antena de 12 pies con guía de ondas ranurada.
- Unidad transmisora/receptora con 30 kW de potencia de cresta.
- Pantalla 16".
- Unidad de suministro de potencia.
- Un sistema anticolidión de acuerdo con el Reglamento IMO para ARPA.

La banda X de radar consistirá en los siguientes componentes:

- Antena de 9 pies con guía de ondas ranurada.
- Unidad transmisora / receptora de 25 Kw de potencia de cresta.
- Pantalla de 16".
- Monitor Tx.
- Un sistema anticolidión de acuerdo con el Reglamento IMO para ARPA.
- Unidad de suministro de potencia.

Las pantallas tendrán al menos 5 escalas de alcance, así como marcador de alcance variable. El alcance será al menos de 25 millas náuticas. Los controles de todo el sistema están incorporados a la pantalla.

- Un **receptor DECCA NAVIGATOR**.
- Un **receptor LORAN-C**.



- Un **equipo de navegación por satélite**. Se instalará un equipo de navegación Global Positioning System (**DGPS**) con microcomputadora, y sistema de receptor de corrección diferencial y un sistema **GPS**, provisto de pantalla y teclado CRT así como la correspondiente antena.
- Una **sirena automática** con acumulador eléctrico.
- Dos sistemas **indicadores de vueltas de líneas de ejes** (tacómetro maquinas).

Este sistema consistirá en los siguientes repetidores para cada línea de ejes:

- Un indicador no estanco en la consola de cabina del control de Sala de Máquinas.
  - Un indicador no estanco con iluminación ajustable en puente.
  - Un contador en consola de cabina en control de Sala de Máquinas.
  - Un indicador en puesto de control de emergencia de motores principales.
  - Un indicador en cada alerón (con iluminación ajustable).
- Dos **indicadores eléctricos de ángulo de timón**. Cada uno de ellos consistirá en un transmisor tipo sincro, colocado en cada servomotor y un repetidor colocado en el puente, que será de tipo colgante (techo) con triple esfera. En los alerones del puente se instalarán repetidores adicionales de cada timón. Los repetidores del puente y alerones estarán provistos de potenciómetro. También se instalarán repetidores en Sala de Máquinas.
- En la consola del puente se instalará un **sistema de control eléctrico/electrónico para arranque/parada y conexión de motores principales**. Dicho sistema de control estará provisto de las funciones necesarias de bloqueo y seguridad.

Las funciones del sistema incluirán:

- Cebado, arranque/parada y parada de emergencia de motores principales.
  - Embrague, desembrague y desembrague de emergencia.



- Sistema de seguridad; reducción / cierre de la carga de cada motor.
  - Control de puenteo de parada automática desde Puente y Cabina de Control de Sala de Máquinas.
- Un equipo corredera electromagnético. El buque contará con una corredera biaxial para medición simultánea de velocidades relativa (con respecto al agua) y verdadera (con respecto al fondo), incluyendo:
  - Unidad electrónica.
  - Conmutador selector de modo.
  - Un transductor con unidad de válvula.
  - Una pantalla maestra digital para velocidad y distancia en puente.
  - Un repetidor analógico en Cabina de Control de Máquinas.
  - Un repetidor digital en el Puente de Gobierno.
  - Dos repetidores analógicos en alerones.

Alcance recorrido sobre el agua: 1.5 metros de profundidad.

Alcance recorrido sobre el fondo: 3-300 metros.

Medida de profundidad: 3-300 metros.

Pantalla para velocidad longitudinal y transversal.

Las señales de velocidad del buque también se suministrarán a radares, sistemas de comunicaciones por satélite, sistemas de navegación GPS, etc. Según necesidades.

- Una **rosa de maniobra** o **mesa trazadora**.
- Un **Ecosonda** de navegación de 50 kHz, con radio de mediada de 0-400 metros consistente en:
  - Un transductor en el Pañol del Propulsor de Proa.
  - Un indicador principal con registrador gráfico y alarma ajustable de profundidad en consola principal de navegación.
  - Un repetidor digital de sonda en puente de gobierno.

Potencia de transmisión 1 kW.



- **Facsímil meteorológico.** En derrota se instalará un radiofacsímil meteorológico, tipo sintetizado con registrador seco.
- **Receptor Navtex.** En el lado de la Derrota de la Consola de Navegación se instalará un receptor de Navtex para información de Servicio Internacional Meteorológico y de Avisos, con impresión automática. Encima del Puente se instalará la correspondiente antena de látigo.
- Una **campana de niebla** que llevará grabado el nombre del buque y el puerto de matrícula.
- Un **proyector diurno portátil de señales.** Será de tipo "Aldis" con cable con enchufe de conexión y dos lámparas (24 V y 220 V). En cada alerón del puente se dispondrán cajas de enchufes de 24 V de C.C. y 220 V de C.A. Estos enchufes estarán alimentados mediante tendido de emergencia.
- Una **lámpara de señales Morse.** Encima del puente de gobierno (Cta. Magistral) se instalará un proyector para señales Morse con cuatro lámparas incandescentes de 20 w o dos de 40 w. Se accionarán mediante tres interruptores, uno en Puente y otro en cada alerón. Estos proyectores se alimentarán desde el sistema de emergencia.
- Dos **proyectores orientables de 1 kW**, situados en Cta. Magistral (encima del Puente de Gobierno). El control remoto de dichos proyectores se hará desde el interior del Puente.

Para completar el equipo náutico, meteorológico y de señales el buque contará además con:

- Un sextante
- Dos binoculares de día, 6 x 30.
- Dos binoculares nocturnos, 7 x 50.
- Una sonda manual.
- Un cronómetro marino en caja de madera.
- Un cronómetro de bolsillo.
- Dos juegos de escuadra de 360 mm.
- Una regla paralela.
- Un tiralíneas de plástico de 40 cm.
- Dos compases de punta.
- Un altavoz eléctrico.
- Dos transportadores de ángulos para cartas náuticas.
- Una bocina de niebla a presión.



- Un gong y macillo.
- Dos alidadas para repetidores del girocompás.
- Un par de compases de acero inoxidable.
- Un barómetro aneroide.
- Un barógrafo.
- Un termómetro exterior.
- Un termómetro de agua de mar.
- Un higrómetro.
- Un cilindro negro.
- Tres bolas negras aprobadas de 600 mm de diámetro.
- Dos conos negros aprobados de 910 mm de diámetro y 1 metro de altura.
- Un juego de banderas del Código Internacional, medida 1.
- Un juego de banderas de practico (G y H).
- Una bandera de salida (P).
- Una bandera de cuarentena (Q).
- Una driza de banderas de señales.
- Un Código Internacional de Señales.
- Una campana de bronce de 300 mm con soporte situado en la Cubierta de Castillo.

## 14.2. Equipos de comunicaciones.

### 14.2.1. Comunicaciones internas.

El equipo de comunicaciones internas comprende el conjunto de instalaciones y sistemas que permiten al personal del buque comunicarse entre sí, estando ubicado en diferentes espacios o compartimentos del buque, tanto en situaciones de navegación normal, como en puerto o situaciones de emergencia.

El sistema de comunicaciones interiores del buque no constituye un sistema diferente en gran medida al que pueda existir en cualquier centro de trabajo. En general se constituye por equipos de:

- Comunicación personal.
- Comunicación general.
- Señales y alarmas.
- Divertimentos.

Según el Capítulo IV de SOLAS (Radiocomunicaciones) se dispondrá de los siguientes equipos de comunicaciones:



- Dos **telégrafos para órdenes de paso de hélice**, uno por línea de ejes, de tipo eléctrico. Consistirán en:
  - Pulsadores de órdenes de paso y luces indicadoras en Puente de Navegación y Control de Cámara de Máquinas.
  - Un equipo de telégrafo de tipo no contestación instalado en estación de emergencia próximo a control de hélice.
  - Alarma sonora y visual de fallo de suministro de fuerza situada en Puente de Navegación.

Una señal sonora en telégrafo ( en Sala de Control de Emergencia de Sala de Máquinas), y también en consola del Control de Máquinas, sonora al transmitir órdenes de arranque/parada.

- **Sistema Automático Telefónico.** Se dispondrá un sistema de teléfonos automáticos como parte de un sistema integrado de intercomunicación, con una central para 45 estaciones incluyendo cuatro líneas de reserva. La unidad central posibilitará 6 llamadas simultáneas y estará provista de consola de operador e impresora.

Se dispondrán diez líneas para telefax, radioteléfono y conexión de datos.

También se dispondrán las siguientes líneas:

- Conexión a tierra (5 líneas).
- Conexión satélite (2 líneas).
- Conexión megafonía pública.
- Conexión sistema de órdenes.

La central telefónica estará equipada con el hardware y software necesario para las siguientes funciones:

- Llamadas prioritarias.
- Follow me.
- Conexión nocturna.
- Dispositivo despertador.
- Contabilización de llamadas de tierra (conexión satélite y a tierra).
- **Teléfono de emergencia con baterías.** Se instalará un sistema de teléfonos electrodinámicos (energía acústica), de acuerdo con las Reglas. Las unidades serán de mesa o mamparo, según convenga.

Las unidades de Sala de Máquinas, Servomotor, Pañol del Generador de Emergencia, Local de Maquinaria Auxiliar y Pañol



de Propulsores de Proa, estarán provistos de auriculares. En espacios ruidosos se dispondrán luces de destellos azules.

- **Sistema de Megafonía** para avisos, programas de radio y música para espacios de acomodación como camarotes, pasillos, salones, salas de estar, cubierta de vehículos, cubiertas expuestas y estaciones de control.

El sistema estará provisto de las siguientes funciones:

- Sistema de amplificación dual.
- Distribución de alarma y señales contraincendios desde dicho sistema.
- Distribución de alarma general, señales desde pulsadores en Puente de Gobierno.
- Anuncios orales desde los cuadros de control de órdenes y sistema telefónico.
- Distribución de música de fondo, emisiones de TV-RadioCDMP3-Radiocassete.
- Dispositivos de llamadas prioritarias.

Las órdenes se emitirán desde los cuadros de control situados en Puente de Gobierno. Los cuadros estarán provistos de conmutadores selectores para grupos de avisos, control de volumen de micrófono, conmutador de prioridad, selector y pulsadores necesarios para funciones de alarma automática manual. Habrá altavoces locales.

Se reservará capacidad para 2 – 3 mensajes informativos automáticos adicionales.

Todos los altavoces serán de buena calidad y tendrán una amplia reserva de potencia. El número de altavoces será el suficiente para un nivel uniforme de sonido.

Los altavoces de los espacios de acomodación se montarán enrasados en techo y protegidos por rejilla.

Los espacios de servicio y áreas de trabajo tendrán altavoces de tipo superficie, clase IP de acuerdo con los requisitos de protección.

Las cubiertas exteriores y de vehículos tendrán altavoces de tipo bocina protección clase P56 mínimo.

Los altavoces se dividirán en los siguientes grupos y distribuciones por amplificadores independientes para cada zona principal de incendio:





- Camarotes de oficiales.
- Camarotes de tripulación.
- Cámaras, espacios de servicio y estaciones de control.
- Cubiertas de carga.
- Cubiertas exteriores.

El sistema de megafonía estará preparado para cuatro programas independientes.

La consola de amplificación central dispondrá de:

- Dos receptores AM/FM.
  - Una grabadora de cintas autoreverse con 4 cambios de cassette.
  - Un reproductor de CD.
  - Un magnetofón de bocinas abiertas.
  - Entada de nivel de línea.
  - Se suministrarán las antenas de radio necesarias, AM y FM.
- **Teléfonos de transmisión de órdenes.** Se instarán un sistema de transmisión de órdenes integrado con sistema telefónico:

Estaciones centrales en consola central del Puente, alerones del Puente y Cabina de Control de Máquinas. Será posible establecer comunicación con todas las estaciones principales y con las siguientes subestaciones:

- Cubierta de atraque en proa y popa.
- Puestos de embarque de botes salvavidas.
- En Cubiertas de carga tanto en proa como en popa.
- Sala de control de carga.
- Estaciones de embarque de combustible.
- Sala de máquinas principal y auxiliar.
- Pañol del propulsor de proa.
- Pañol del generador diesel de emergencia.
- Servomotor.
- Camarotes del Capitán y Jefe de Máquinas.
- Proximidades de la puerta de popa (puerta de embarque).

Las subestaciones en cabina de control de máquinas y camarotes dispondrán de micro teléfonos.

Las estaciones en espacios de máquinas y cubierta de carga dispondrán de bocinas y auriculares conectables. En espacios ruidosos se instalarán pilotos de destellos azules.



- **Sistema Marítimo VHF y sistema activo repetidor para Walkie Talkies (UHF).**

El buque contará con dos radioteléfonos transmisores/receptores de VHF totalmente transistorizados con un mínimo de 40 canales en banda marina de 156-162 Mhz, con sintetizador, controlador de frecuencia y con receptores y procesador D.S.C. (llamada selectiva digital).

Además, el buque dispondrá de un radioteléfono equipado con unidad de control remoto en ambos alerones del Puente.

En el Puente se instalará un receptor guardia VHF – DSC ( canal 70).

Se instarán dos antenas VHF transmisoras/receptoras así como una antena receptora para receptor guardia VHF.

También se dispondrá en el interior del buque de diez radioteléfonos UHF portátiles con áreas de inductancia en antena para propagación de Tx/Rx de Walkie Talkie.

#### 14.2.2. Comunicaciones externas.

El equipo de comunicaciones exteriores del buque está formado por el conjunto de instalaciones y sistemas que permiten a la tripulación del buque comunicarse con el exterior.

Para las comunicaciones externas el buque contará con los siguientes equipos:

- Un juego completo del Sistema Marítimo Internacional de Comunicaciones por Satélite con estándar **INMARSAT B SES**, con capacidad para llevarse a cabo dos llamadas telefónicas simultáneas y un canal de télex.

El SES permitirá funciones de operaciones de servicios de registro diario (log function), para mostrar e imprimir todo los parámetros relevantes, tales como número suscriptor, fecha, hora de inicio y duración en minutos, tipo de modo, satélite y puerto terminal.

Teléfonos especiales automáticos permitirán dirigir la operación a través de un sistema de comunicación por satélite vía central telefónica automática del buque.



El buque dispondrá de un telefax tipo Láser que utilizará papel normal.

- Un equipo télex estándar **INMARSAT C**; comunicación por satélite para recepción y transmisión de mensajes de socorro y seguridad, así como llamadas prioritarias de socorro, con pantalla y teclado así como una antena instalada en el extremo del mástil del radar, con capacidad para recibir información marítima de seguridad del EGC (Enhanced Group Call).
- Un **transmisor/receptor radiotelefónico de frecuencia MF/HF**, totalmente transistorizado con potencia de transmisión no inferior a 250 W y provisto de dispositivo NBDP (télex) con D.S.C. (llamada selectiva digital), receptor de guardia y procesador. El transmisor/receptor funcionará con modem de télex. Un modem radio telex de frecuencia MF/HF con capacidad para trabajar con PC IBM compatible.
- Un **receptor de guardia** situado en el puente para recepción de señales de alarma radiotelefónica en frecuencia internacional de socorro de 2182 kHz.
- **Antenas**; las antenas de las diferentes unidades serán de tipo látigo, de acuerdo con las necesidades del sistema y su disposición en el buque.
- Dos **radiobalizas de emergencia** indicadoras de posición (Emergency Position Indication Radio Bacon) trabajando en frecuencia de 406 MHz y 121,5 kHz con disparo hidrostático.
- Dos **respondedores de radar SART**, situados fuera del Puente, de 9 GHz para las embarcaciones salvavidas.
- Tres juegos **portátiles de VHF** para embarcaciones salvavidas.

### 14.3. Luces de navegación y señales.

Todo buque ha de ser equipado con las luces de navegación y señales especificadas por el Reglamento de Abordaje. Todos los faros serán estancos, resistentes a la corrosión y provistos de lentes de cristal dióptrico.

Las características de color y sectores de visibilidad que deben cumplir los faroles se especifican en el Anexo I del citado Reglamento.



En cumplimiento por tanto del Reglamento indicado, se han dispuesto en el buque las siguientes luces de navegación:

- Una **luz de tope de proa** y una **luz de tope de popa**. Son luces blancas colocadas sobre el eje longitudinal del buque y que muestran cada una su luz sin interrupción en todo un arco del horizonte de  $225^\circ$ , fijados de forma que sean visibles desde la proa hasta  $22.5^\circ$  a popa del través de su costado respectivo. La intensidad de la luz emitida por cada farol debe ser tal que puedan ser visibles a una distancia de 6 millas.

La potencia eléctrica de cada una de ellas es de 60 watios.

- Dos luces de costado, **luz de costado de babor** y **luz de costado de estribor**. La de babor será verde y la de estribor roja. Muestran cada una de ellas su luz sin interrupción en todo un arco del horizonte de  $112.5^\circ$ , fijadas de forma que sean visibles desde la proa hasta  $22.5^\circ$  a popa del través de su costado respectivo. Deben ser visibles cada una de ellas a 3 millas como mínimo.

La potencia eléctrica de cada una de ellas es de 60 watios.

- Una **luz de alcance**, blanca, colocada lo más cerca posible de la popa y que muestra su luz sin interrupción en todo un arco del horizonte de  $135^\circ$ , fijada de forma que sea visible en un arco de  $67.5^\circ$  contados a partir de la popa hacia cada una de las bandas del buque. Visible a una distancia mínima de 3 millas.

La potencia eléctrica de esta luz es de 60 watios.

- Dos **luces de remolque**, amarillas con las mismas características que la luz de alcance.
- Una **luz de todo horizonte**, blanca, visible sin interrupción en un arco de horizonte de  $360^\circ$  a una distancia mínima de 3 millas y de 120 watios de potencia eléctrica.
- Dos **luces de fondeo**, una a popa y otra a proa de 220 voltios y 60 watios, incandescentes, estancas y de un solo filamento, alimentadas desde una fuente de emergencia y controladas desde el puente.
- Una **luz de buque sin propulsión** de 60 watios.
- Una **luz de buque varado** de 120 watios de potencia eléctrica.

Resumiendo las luces de navegación instaladas en el buque son:



LUCES DE NAVEGACIÓN			
Tipo de luz	Unidades	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)
Luz de tope de proa	1	0,06	0,06
Luz de tope de popa	1	0,06	0,06
Luz de costado de babor	1	0,06	0,06
Luz de costado de estribor	1	0,06	0,06
Luz de alcance	1	0,06	0,06
Luz de remolque	2	0,06	0,12
Luz todo horizonte	1	0,12	0,12
Luz de fondeo a proa	1	0,06	0,06
Luz de fondeo a popa	1	0,06	0,06
Buque sin propulsión	1	0,06	0,06
Buque barado	1	0,12	0,12
TOTAL (kW)=			0,84

En el punto Alambrado Exterior del Buque del Documento de Planta Eléctrica se puede ver más información referente a las luces de navegación.



## 15. EQUIPOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS

### 15.1. Introducción

Las características de los equipos de las cámaras de máquinas del buque proyectado implican la necesidad de disponer equipos hidráulicos y neumáticos para el accionamiento y correcto funcionamiento de los mismos.

Tanto los equipos hidráulicos como neumáticos contarán con alarma de baja presión e indicaciones en los locales de control de carga, control de máquinas y puente, así como un sistema automático que actúe en caso de pérdida de presión de los equipos.

Aunque algunos de ellos ya han sido citados en apartados anteriores, en este, enumeraremos los equipos de estas características instalados a bordo.

### 15.2. Equipos

1. Dos unidades hidráulicas para el sistema de control del paso de las hélices. Cada unidad consistirá en dos bombas eléctricas hidráulicas de aceite de 35 kW (una en reserva) y un tanque de aceite.
2. Dos unidades hidráulicas para las hélices de paso variable de proa (hélices de maniobra). Cada unidad consistirá en dos bombas eléctricas hidráulicas de 2 kW cada una y tanque de aceite.
3. Equipo de accionamiento del timón o servomotor. Se instalará uno por cada timón que cumpla con los requisitos establecidos por los Reglamentos a aplicar.
4. Equipo de accionamiento de las puertas hidráulicas estancas. El buque contará con dicho equipo, que funcionará siempre en cada una de las situaciones de emergencia (incendio, vía de agua, etc).
5. Sistema de mando y control para válvulas. El buque contará con grupo motobomba hidráulica con dos bombas eléctricas, un tanque de aceite, filtros y accesorios, para el sistema de control remoto de las válvulas del sistema de lastre conectadas a cada tanque y para las válvulas de sentinas de los compartimentos de carga.

Dicho grupo motobomba para el manejo de válvulas estará localizado en la Sala del Equipo Hidráulico. En cada unidad se dispondrán alarmas de alta y baja presión, de alta temperatura y bajo nivel. La unidad estará provista con control arranque/parada así como una alarma de funcionamiento defectuoso en el Control de Sala de Máquinas.

El control de las válvulas antes mencionado se efectuará desde el Sistema Integrado de Alarma, Control y Monitorización. En los



monitores se presentarán diagramas mímicos mostrando las válvulas y la posición (abierta/cerrada) de la orden transmitida.

La potencia de cada bomba será suficiente para hacer funcionar simultáneamente las tres mayores válvulas de lastre desde la posición totalmente abierta hasta la cerrada o viceversa en no más de 60 segundos.

6. Equipo hidráulico de las reductoras. El acoplamiento y desacoplamiento de las hélices a los motores se accionará mediante un equipo de fluido a presión.
7. Equipo hidráulico para el molinete y equipo de atraque de proa, portalón de proa y rampa de estribor.
8. Equipo hidráulico para el equipo de atraque de popa y rampa-puerta de popa.
9. Equipo hidráulico de manejo de grúas de carga y pescantes. El equipo de pescantes tendrá un accionamiento manual de emergencia.
10. Equipo hidráulico de accionamiento de los cierres cortafuegos de los sistemas de ventilación. Funcionará en emergencia y se dispondrán accionamientos manuales.
11. Equipo neumático de válvulas de disparo y cierre rápido. En caso de emergencia, y desde una zona de la superestructura se accionará el disparo de las válvulas de los sistemas de combustible y aceite cuando pasen a través de mamparos contra incendios. El sistema contará con dos botellas cada una con la capacidad para un disparo de emergencia.
12. Equipo hidráulico de accionamiento de escala de práctico.

UPM-ETSIN



# Planta eléctrica

---

PFC nº 10 – Cuaderno 9

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez





## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	TIPO DE CORRIENTE. ....	2
3	SELECCIÓN DE TENSIONES Y FRECUENCIAS .....	4
3.1.1	INSTALACIÓN DE FUERZA Y CALEFACCIÓN. ....	4
3.1.2	INSTALACIÓN DE ALUMBRADO, SERVICIO DOMESTICO Y OTROS. ....	4
3.1.3	INSTALACIONES ESPECIALES Y SERVICIOS. ....	5
3.2	RESUMEN DE LAS CORRIENTES UTILIZADAS.....	5
4	INSTALACIONES DE ALUMBRADO.....	6
4.1	ALUMBRADO INTERIOR. ....	7
4.2	ALUMBRADO EXTERIOR.....	11
4.2.1	Proyectores .....	11
4.2.2	Luces de navegación.....	11
5	INSTALACIÓN DE FUERZA.....	13
6	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y CONTROL .....	15
7	BALANCE ELÉCTRICO.....	16
8	SELECCIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES. ....	19
8.1	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	19
8.2	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS GRUPOS GENERADORES.....	24
9	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	27
10	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	29
11	CUADROS ELÉCTRICOS.....	31
11.1	CUADRO ELÉCTRICO PRINCIPAL .....	31
11.2	CUADRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA. ....	35
11.3	CUADROS DE SECCIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO. ....	35
11.4	CUADRO DE PRUEBA DE ELECTRICISTA. ....	37
11.5	CUADRO DE LUCES DE NAVEGACIÓN Y SEÑALES. ....	37
11.6	CUADRO ELÉCTRICO DE BAJO VOLTAJE.....	37
12	GRUPO DE EMERGENCIA. ....	38
12.1	BALANCE ELÉCTRICO DEL GENERADOR DE EMERGENCIA. ....	39
12.2	GENERADOR DE EMERGENCIA.....	39
13	TRANSFORMADORES. ....	40
13.1	TRANSFORMADORES PRINCIPALES.....	40



13.1.1	Transformadores para el servicio de Sala de Máquinas y Bodegas.....	40
13.1.2	Transformadores para servicio de acomodación. ....	40
13.2	TRANSFORMADORES DE EMERGENCIA. ....	40
13.3	TRANSFORMADORES PARA SERVICIOS ESPECIALES. ....	40
14	CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN DESDE TIERRA.....	41
15	ENCHUFES CONTAINERS REFRIGERADOS.....	42
16	BALANCE ELÉCTRICO .....	43
16.1	RESUMEN POR GRUPOS.....	54
16.2	POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA.....	54
17	BIBLIOGRAFÍA. ....	54



*Buque CON-RO/RO*  
*Cuaderno 9: Planta eléctrica.*



*Proyecto nº10 2008-2009*





## 1 INTRODUCCIÓN

En este documento se hará una estimación del consumo eléctrico del buque, que condicionará la elección de los grupos electrógenos, y su régimen de funcionamiento en cada una de las situaciones de operación.

El procedimiento a seguir va a ser el siguiente:

- Selección del tipo de corriente a utilizar a bordo, indicando tensión y frecuencias elegidas.
- Estudio de todos los consumos realizados a bordo por todos los consumidores de potencia eléctrica.
- Análisis de las diferentes situaciones de carga eléctrica que vamos a estudiar a la hora de elegir el equipo generador, de forma que la instalación trabaje al máximo rendimiento en cada una de esas situaciones de navegación.
- Cálculo del generador de emergencia necesario para evitar que el barco se quede sin energía en caso de fallo de instalación principal, indicando los equipos mínimos a los que va a abastecer en caso de una situación de emergencia.
- Diseño del esquema unifilar de la planta eléctrica.

El balance se ha realizado siguiendo las indicaciones de la bibliografía al uso y apoyándose en la experiencia de un buque de similares características ya construido, construcción 287 de Astilleros Españoles, Factoría Sevilla.

Una vez determinadas las necesidades de potencia se elabora una valoración de la planta generadora más adecuada, la que trabaje con mayor rendimiento en cada condición y presente mejores propiedades, de la cual saldrán los equipos generadores a instalar.



## 2 TIPO DE CORRIENTE.

Elegimos para el buque proyecto corriente alterna trifásica debido a las ventajas que este tipo de instalación presenta frente a la misma instalación en corriente continua, siendo esta ventaja mayor cuanto mayor es la potencia eléctrica instalada.

Las instalaciones de corriente continua sólo resultan económicamente rentables en buques relativamente pequeños o en aquéllos medianos donde hay preponderancia de maquinaria de cubierta que necesite un control de la velocidad en un abanico muy amplio. Antiguamente, los problemas a que daba lugar los conmutadores en los generadores de corriente continua, hacía que el valor máximo de la tensión no pudiera ser superior a un valor determinado así como también tener que limitar su velocidad de giro a un valor relativamente bajo. Actualmente, el control de la velocidad de motores trifásicos mediante dispositivos de electrónica de potencia, capaces de variar la frecuencia de alimentación del motor y, con ello, su velocidad, ha superado este obstáculo y por ello aumenta su utilización. Uno de los problemas que ha limitado y limita su empleo son los problemas de mantenimiento, vigilancia del estado de las escobillas, colector, evitar la producción de chispas, etc, lo que hace que se les tenga que prestar una gran atención continuamente.

La producción de chispas tanto en generadores como en motores producen unas corrientes de alta frecuencia que se transmiten por los cables de alimentación a todos los equipos electrónicos causando graves interferencias, que son muy difíciles de eliminar, llegando en algunos casos a alterar su respuesta.

Los motores eléctricos que utilizan esta clase de corriente requieren complicados sistemas de puesta en marcha, que limitan la corriente de arranque a un valor relativamente bajo.

Otro de los inconvenientes de la corriente continua es que en los sistemas de iluminación del buque, solamente puede utilizarse lámparas que no requieren un dispositivo especial para su encendido, tales como incandescentes y halógenas, debiéndose emplear grupos convertidores para permitir la utilización de lámparas fluorescentes, de vapor de mercurio o de vapor de sodio, las cuales poseen un mayor rendimiento lumínico a igualdad de potencia.

La experiencia obtenida en la utilización de corriente alterna en las instalaciones terrestres fue progresivamente aplicada a buques a partir del primer tercio del presente siglo.

La ausencia de delgas tanto en los generadores como en los motores, permiten obtener y utilizar tensiones más elevadas que en corriente continua, con la consiguiente disminución de la sección de los conductores, lo que trae consigo menor peso y precio no sólo en los cables de conexión, sino en los propios motores y generadores.



Si a esto añadimos la ausencia de escobillas, que permiten la utilización de estas máquinas prácticamente sin mantenimiento (solamente comprobación del estado de los cojinetes), y la simpleza de los medios de puesta en marcha de los motores de corriente alterna, así como la facilidad de transformación, no sólo a otros valores de tensión de utilización sino que también en corriente continua con el empleo de convertidores estáticos, nos encontramos que el empleo de corriente alterna se ha generalizado en la práctica totalidad de los buques.

Resumiendo, se ha seleccionado corriente alterna porque presenta las siguientes ventajas:

- No existen equipos con motores que precisen un gran control de su velocidad.
- Menor coste, peso y empacho de los grupos generadores.
- Menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.
- Mayor robustez y mejor mantenimiento de generadores y motores.
- Posibilidad de alimentar al buque con la red de puerto.
- Permite el uso de tensiones más elevadas, con ahorro de cobre.
- Experiencia de uso a bordo en este tipo de buques.



### 3 SELECCIÓN DE TENSIONES Y FRECUENCIAS

Las redes eléctricas normalmente utilizadas en tierra son de corriente alterna trifásica con dos pares de valores normalizados:

380 V – 50 Hz en países Europeos.

440 V – 60 Hz en EE.UU y Canadá.

En corriente alterna la elección debe hacerse entre los dos valores anteriores, ya que el empleo de tensiones trifásicas a 220 V con neutro accesible, aún estando generalizado en las instalaciones terrestres, no es muy común a bordo.

Un elemento determinante serían los posibles trayectos a realizar con el buque, pero como no están determinados en la especificación del buque proyecto, se deben ponderar las ventajas e inconvenientes de cada alternativa.

La alternativa de 440V / 60 Hz tiene la ventaja de que a mayor tensión y frecuencia el peso de cobre necesario es menor y los equipos resultantes más baratos; sin embargo, presentan el inconveniente de que 60 Hz es una frecuencia limitada a puertos norteamericanos, lo que impediría conectarse a la red de puerto en otras zonas de actividad del buque.

La opción 380 V / 50 Hz tiene la desventaja de un mayor peso de toda la instalación, pero al ser la frecuencia utilizada en el ámbito europeo, resulta la elección natural para recorridos entre puertos con este servicio estandarizado.

La opción elegida es la de 440 V / 60 Hz por su mayor versatilidad.

#### 3.1.1 INSTALACIÓN DE FUERZA Y CALEFACCIÓN.

Esta instalación se alimentará de la corriente anteriormente determinada, es decir, 440 V / 60 Hz.

#### 3.1.2 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO, SERVICIO DOMESTICO Y OTROS.

Para este tipo de instalación vamos a utilizar corriente de 220 V debido a que la mayor parte de los equipos, son comunes a los de tierra, los cuales utilizan esta corriente. Esto nos va a permitir equipos más baratos al ser de uso común.

Para conseguir este voltaje aprovechamos la facilidad de transformación de la corriente anteriormente dicha y con transformadores, cambiamos la corriente generada a 440 V a 220 V / 60 Hz, mediante una distribución monofásica en paralelo al igual que en las instalaciones terrestres.

Para esta transformación, instalaremos a bordo dos transformadores de las características indicadas, capaces de dar servicio cada uno de ellos a todo el consumo a transformar, quedando siempre uno de reserva para las situaciones que así lo requieran.



### 3.1.3 INSTALACIONES ESPECIALES Y SERVICIOS.

Se dispondrá de una red de corriente continua de 24 V, que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las luces de morse, los aparatos de navegación y comunicaciones, los sistemas electrónicos y el motor de arranque del generador de emergencia. Se obtiene esta corriente a partir de baterías de acumulares, que se cargan de la red de 440 V mediante rectificadores.

### 3.2 RESUMEN DE LAS CORRIENTES UTILIZADAS.

En definitiva, las corrientes que vamos a emplear en cada una de las instalaciones son las siguientes:

Tipo de instalación	Tipo de corriente	Fases	Tensión	Frecuencia
Potencia	Alterna	Trifásica	440 V	60 Hz
Alumbrado	Alterna	Monofásica	220 V	60 Hz
Especiales	Continua	-	24 V	-





## 4 INSTALACIONES DE ALUMBRADO.

El estudio de esta instalación lo vamos a dividir en tres partes:

1. Alumbrado interior.
2. Alumbrado exterior.
3. Luces de navegación.

El sistema de alumbrado del buque proyecto es trifásico, con aparatos y accesorios de tipo marinizado, adecuados a cada local.

Según las zonas a alumbrar, se utilizan lámparas incandescentes o fluorescentes, especialmente en alojamientos, cámara de máquinas y zonas de carga. El resto de las luminarias podrán llevar lámparas incandescentes.

El alumbrado exterior en las zonas de trabajo y maniobra, se realizará por medio de proyectores con lámparas de yodo-cuarzo y de vapor de mercurio. Asimismo, en las zonas exteriores expuestas a la intemperie o ambientes de gran humedad, como pañoles, cámara de máquinas, lavandería, cocina, etc., se utilizarán aparatos estancos.

En las zonas interiores, como camarotes, comedores, salones, pasillos, etc., se montarán aparatos no estancos. Asimismo el suministro se realizará a 220v, que permite conectar los electrodomésticos habituales. Todos los aparatos y accesorios en los espacios con forro, serán con cableado oculto.

Todos los elementos instalados serán de fabricación normalizada, para que los cambios se realicen rápidamente y se minimice el número de piezas de respeto.

Las luces conectadas al sistema de alumbrado tendrán, en general, accionamiento local, por medio de interruptores colocados dentro del espacio correspondiente. Las luces exteriores, proyectores, luces de pasillo y las luces de los espacios de carga y maquinaria, se accionarán desde el cuadro de alumbrado correspondiente.

La cámara de máquinas, local del servomotor, entrepuente, cocina, camarotes y comedores, tendrán dos circuitos independientes, de modo que, en caso de fallo de uno de ellos, el local correspondiente no se quede sin iluminación. En los camarotes y comedores, un circuito alimentará las luces del techo y otro el alumbrado suplementario, como luces de cabecera de las camas, luces de mesas, apliques, etc.

Cada cama llevará una luz de cabecera y cada lavabo llevará una luz sobre el espejo y una toma de corriente. Se colocarán lámparas en la mesa de derrota y encima de cada mesa escritorio. La de derrota y telefonía estará provista de potenciómetro para regulación de luz.

## 4.1 ALUMBRADO INTERIOR.

Para el cálculo del alumbrado interior vamos tener en cuenta los siguientes factores:

- Nivel de iluminación requerido en función del tipo de espacio a iluminar.
- Forma geométrica del espacio a iluminar y reflexión de las paredes.
- Tipo de iluminación (directa, semi-directa, semi- indirecta, indirecta).
- Un factor de corrección para tener en cuenta el envejecimiento de las lámparas.

Teniendo en cuenta estos factores obtendremos la potencia eléctrica necesaria al aplicar el rendimiento lumínico del tipo de iluminación instalada al flujo luminoso requerido por el espacio en estudio, viniendo este dado por la siguiente expresión:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{F_m \cdot F_u}$$

siendo:

- $\phi_T$ : Flujo luminoso total=numero de luminarias · Flujo luminoso de cada una (lumen).
- $E$ : Nivel de iluminación requerido, iluminancia (lux=lumen/m<sup>2</sup>).
- $S$ : Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>).
- $F_m$ : Factor de mantenimiento.
- $F_u$ : Factor de utilización.

$E$  = Nivel de iluminación requerido, iluminancia; se recomiendan los siguientes rangos de niveles de iluminación:

Locales	Iluminancias (lx)	
Camarotes de pasajeros y oficialidad	200	250
Camarotes de tripulación	150	200
Pasillos de la tripulación	100	150
Locales de reunión	120	250
Locales sanitarios	200	250
Locales de servicios	250	300
Enfermería	500	1000
Puentes de botes	10	20
Salas de máquinas	300	450
Puestos de maniobra	500	750
Salas de calderas	250	350
Bocas de calderas	500	750
Túneles y compartimentos de menos de 200m <sup>3</sup>	100	150
Talleres de maquinaria	500	1000
Oficinas normales	400	750
Salas de archivo, etc.	75	150

$F_m$  = Factor de mantenimiento, que depende de la edad de las lámparas, de las condiciones del local y su limpieza. Para una limpieza periódica anual podemos tomar  $F_m=0.6$  para locales sucios y  $F_m=0.8$  para locales limpios.

$F_u$  = Factor de utilización, que depende del tipo de lámparas y pantallas, de la reflectividad del techo y paredes y de las características geométricas del local, representada esta última por el Índice de Local (K) mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

donde:

- a: Longitud del local.
- b: Anchura del local.
- h: Distancia entre el foco luminoso y el plano de trabajo.

El plano de trabajo en pasillos y zonas de carga será el suelo, mientras que en zonas de acomodación tales como salones, comedores, camarotes, oficinas, etc. se tomará a 750 mm medidos verticalmente desde el suelo.

El factor de utilización,  $F_u$ , puede tomar los siguientes valores:

Alumbrado	Directo		Semi-directo		Semi-indirecto		Indirecto	
Flujo hacia el techo, %	0		10-40		60-90		100	
Flujo hacia el suelo, %	100		90-60		40-10		0	
Local	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
<b>Índice del local, K</b>								
0,60	0,34	0,24	0,30	0,22	0,21	0,08	0,13	0,03
0,80	0,42	0,33	0,38	0,27	0,26	0,12	0,16	0,05
1,00	0,46	0,39	0,44	0,34	0,30	0,13	0,19	0,05
1,25	0,50	0,42	0,50	0,38	0,32	0,15	0,22	0,06
1,50	0,53	0,45	0,54	0,41	0,36	0,17	0,24	0,07
2,00	0,58	0,51	0,60	0,47	0,41	0,19	0,27	0,08
2,50	0,62	0,56	0,63	0,50	0,44	0,21	0,30	0,10
3,00	0,64	0,58	0,66	0,52	0,47	0,22	0,32	0,10
4,00	0,67	0,61	0,69	0,55	0,51	0,24	0,35	0,12
5,00	0,69	0,63	0,71	0,57	0,53	0,25	0,36	0,12

Aplicando el proceso a todos los espacios tendremos determinado el consumo de la instalación de alumbrado interior.

La siguiente tabla recoge el flujo luminoso necesario en cada uno de los espacios en que está dividido nuestro buque:

Local a iluminar	Area (m²)	Luminancia, E (lux)	F <sub>u</sub>	F <sub>d</sub>	Flujo luminoso Φ (lumen)
Local A/C	41,5	75	1,8	0,25	6917
Estación de C/I	27	75	2,3	0,25	3522
Cuadro convertidores	8	75	0,3	0,43	4651
Local Grupo de Emergencia	18	75	0,3	0,43	10465
Salon de oficiales	27	185	0,63	0,58	13670
Comedor de oficiales	66	185	0,63	0,58	33415
Comedor y sala de estar tripulación	78	185	0,63	0,58	39491
Pasillos habitación	80,25	125	0,52	0,8	24114
Escaleras	72	125	0,52		
Puente	125	225	0,57	0,8	61678
Pañoles	156	100	1,8	0,33	26263
Sala de reuniones	17	150	0,65	0,8	4904
Lavandería	20	175	0,38	0,32	28783
Gimnasio	11	175	0,5	0,45	8556
Local de baterías	14,5	75	1,8	0,25	2417
Sala de video	34,5	150	1,25	0,55	7527
Biblioteca	43	200	1,25	0,53	12981
Aseos comunes	10	175	0,3	0,45	12963
Cocina	23	275	0,59	0,55	19492
Gambuzas	12,5	125	0,57	0,48	5711
Oficina de puente	10	575	0,47	0,7	17477
Oficina de máquinas	31,5	575	0,33	0,6	91477
Espacios escaleras	119	125	0,3	0,6	82639
Local del servomotor	106	75	2,2	0,3	12045
Cuarto de basuras	4	50	2,5	0,5	160
Cubierta de carga (bodega)	1224	50	2	0,7	43714
Cubierta de carga (principal)	3184	50	2	0,7	113714
Oficina de estiba/control de estiba	48	200	1,5	0,35	18286
Camara propulsores proa	65	100	2,2	0,57	5183
Tambucho Máquinas/Caseta Máquinas	120	200	2,5	0,57	16842
Cámara de máquinas	1274	200	2,5	0,57	178807
Otros espacios de maquinaria	80	150	2,2	0,57	9569
Total ΦT (lumen)=					917433

Son necesarios por lo tanto un total de 919796 lúmenes para conseguir la iluminación adecuada de todos los espacios interiores del buque.

Finalmente obtenemos la Potencia activa consumida utilizando la siguiente expresión:

$$P = \frac{\phi_T}{1000 \cdot \eta_l}$$

siendo:

- P: Potencia activa (kW).
- $\eta_l$ : Rendimiento lumínico medio (lumen/W); dependiendo del tipo de focos de luz que se utilice el rendimiento será distinto, siendo los rendimientos luminosos en función del tipo de lámpara los siguientes:
  - Alumbrado fluorescente:  $\eta_{l\_fluorescente} = 60 \text{ lumen/W}$
  - Alumbrado incandescente:  $\eta_{l\_incandescente} = 15 \text{ lumen/W}$

Aproximadamente el noventa por ciento de la instalación luminosa estará formado por alumbrado fluorescente y el resto por incandescente, y por tanto el valor del rendimiento lumínico medio de la instalación es:

$$\eta_l = (0.9 \cdot 60 + 0.1 \cdot 15) = 55,5 \text{ lumen/W}$$

La potencia necesaria para la instalación de alumbrado es:

iluminación	$\eta_{l\_tipoAlumbrado}$ (lumen/W)	% instalado a bordo	$\eta_{l\_instalación}$ (lumen/W)	$P_T$ (kW)
Fluorescente	60	0,9	55,2	17
Incandescente	12	0,1		

El resultado obtenido parece ser muy bajo, por lo que procedemos mediante otro método de cálculo. Utilizaremos el método de cálculo simplificado:

$$P = 2,5 * E_m \cdot S / \eta_l$$

A continuación adjuntamos los resultados obtenidos mediante este proceso:

			Luminancia,		
			Area (m²)	E (lux)	P (kW)
Local A/C			41,5	75	0,141
Estación de C/I			27	75	0,092
Cuadro convertidores			8	75	0,027
Local Grupo de Emergencia			18	75	0,061
Salon de oficiales			27	185	0,226
Comedor de oficiales			66	185	0,553
Comedor y sala de estar tripulación			78	185	0,654
Escaleras			72	125	0,408
Pasillos habilitación			80,25	125	0,454
Puente			125	225	1,274
Paños			156	100	0,707
Sala de reuniones			17	150	0,115
Lavandería			20	175	0,159
Gimnasio			11	175	0,087
Local de baterías			14,5	75	0,049
Sala de video			34,5	150	0,234
Biblioteca			43	200	0,389
Aseos comunes			10	175	0,079
Cocina			23	275	0,286
Gambuzas			12,5	125	0,071
Oficina de puente			10	575	0,260
Oficina de máquinas			31,5	575	0,820
Espacios escaleras			119	125	0,674
Local del servomotor			106	75	0,360
Cuarto de basuras			4	50	0,009
Cubierta de carga (bodega)			1224	50	2,772
Cubierta de carga (principal)			3184	50	7,210
Oficina de estiba/control de estiba			48	200	0,435
Camara propulsores proa			65	100	0,294
Tambucho Máquinas/Caseta Maquinas			120	200	1,087
Cámara de máquinas			1274	200	11,540
Otros			80	150	0,543
			TOTAL (kW)		32

Como se observa, mediante este método se ha obtenido una potencia que casi duplica a la obtenida con el anterior siendo esto posiblemente debido al factor k del método de

cálculo anterior. Por motivos de seguridad se utilizara para el balance eléctrico esta última potencia, 32kW, la cual ha sido calculada con un método que es perfectamente válido para una evaluación preliminar.

## 4.2 ALUMBRADO EXTERIOR

El alumbrado exterior estará formado por:

- Proyector.
- Luces de navegación.

A continuación se procede a estudiar cada grupo por separado:

### 4.2.1 Projectores

Se han dispuesto en el buque los siguientes proyectores:

PROYECTORES			
Tipo de proyector	Unidades	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)
Maniobra de proa	2	0,5	1
Maniobra de popa	1	0,5	0,5
Portalón de popa	2	0,5	1
Accesos al buque	2	0,1	0,2
Cubierta de botes y balsas	8	0,1	0,8
Insignia del buque	2	0,35	0,7
		TOTAL (kW)=	4,2

Los proyectores serán de vapor de sodio de alta presión.

Los proyectores de las cubiertas de botes y balsas salvavidas serán estancos. Dichos proyectores se alimentarán desde el circuito de emergencia y estarán asegurados a soportes que puedan girarse hacia dentro para facilitar el embarque o hacia fuera para arriar botes y balsas. Estos soportes estarán provistos de dispositivos de cierre para trincarlos en la posición requerida.

Todos los proyectores estarán controlados del Puente de Gobierno.

### 4.2.2 Luces de navegación

El buque dispondrá de un juego de luces de navegación conectado a cajas de conexión de acuerdo con el Reglamento de Abordaje. En el Documento 13, en el apartado referente a Equipo de Navegación y Comunicación, Luces de Señales, hacemos una extensa descripción de las luces de navegación de las que irá dotado el buque. Dichas luces son:



LUCES DE NAVEGACIÓN			
Tipo de luz	Unidades	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)
Luz de tope de proa	1	0,06	0,06
Luz de tope de popa	1	0,06	0,06
Luz de costado de babor	1	0,06	0,06
Luz de costado de estribor	1	0,06	0,06
Luz de alcance	1	0,06	0,06
Luz de remolque	2	0,06	0,12
Luz todo horizonte	1	0,12	0,12
Luz de fondeo a proa	1	0,06	0,06
Luz de fondeo a popa	1	0,06	0,06
Buque sin propulsión	1	0,06	0,06
Buque barado	1	0,12	0,12
TOTAL (kW)=			0,84

Como información complementaria a lo expuesto en documento 12, añadimos que:

- De acuerdo con el Artículo 2-12 del Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes, los faroles de las luces de navegación, esto es, los de costado, tope y alcance son de doble lente y doble bombilla o de una sola lente con bombilla de doble filamento.
- Las luces sin gobierno serán rojas, estancas, incandescentes, de un solo filamento, tipo colgantes y alimentadas a 220 V desde una fuente controlada desde Puente.
- Cada una de las luces de navegación, tendrá un circuito eléctrico independiente, partiendo todos ellos de un cuadro instalado en el Puente de Gobierno, el cual no alimenta a otra clase de luces, y alimentado directamente desde el cuadro principal y el cuadro de emergencia por dos cables, cada uno de los cuales tendrá la capacidad suficiente para suministrar la potencia total. El cambio de una línea a otra, se podrá realizar con rapidez y automáticamente en caso de caída de tensión de una de ellas.
- Cada luz de navegación estará alimentada y protegida por medio de un interruptor bipolar y fusibles o por medio de un disyuntor montado en el cuadro de distribución. El cuadro estará provisto de señalización óptica y acústica que avise automáticamente en caso de fallar alguna de las bombillas.
- Los cables de alimentación al cuadro y desde este a cada luz se tenderán lo más separadamente posible.

Con esto, tenemos determinados todos los consumos de la instalación completa de alumbrado.



## 5 INSTALACIÓN DE FUERZA

La instalación de fuerza se corresponde con todos los equipos instalados en el buque, que funcionan mediante corriente eléctrica (sin contar con el alumbrado y los equipos de navegación y control), siendo los principales consumidores de esta potencia los equipos instalados en Cámara de Maquinas y otras salas de maquinaria. En el documento correspondiente de la Cámara de Máquinas se describieron los diversos servicios que forman parte del buque así como los equipos instalados y las condiciones de funcionamiento de los mismos.

Quedaron así definidos todos y cada uno de los componentes que forman parte de dichos servicios en la lista que se incluye en dicho documento así como sus características entre las que se encuentra el consumo eléctrico de dichos componentes.

El proceso de elección de aquellos equipos se realizó de la siguiente forma:

- Todos los equipos relacionados con los motores (propulsor y auxiliares) son calculados a partir de los requerimientos exigidos en sus "Project Guide".
- Hay equipos que en función de los límites que se les exigen se determinan fácilmente, y otros equipos con ayuda de catálogos y con información de buques "similares" al buque proyecto, como es el caso del Ro-Ro Container Seagard construido por Sietas Hamburg para la Naviera Transfennica.
- Las potencias de las principales bombas tanto de servicio de aguas como de combustible y aceite se han obtenido, a efectos de balance, conociendo sus caudales y las presiones que tienen que suministrar para cumplir las exigencias de servicio en cada caso. Estas exigencias vienen fijadas bien en los manuales de los motores principales y auxiliares o bien en los reglamentos a los que queda sujeto el buque:

Las potencias de las bombas se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$P = \frac{\rho_{mf} \cdot g \cdot H \cdot Q}{3600 \cdot \eta_b \cdot \eta_e}$$

siendo:

- $P$ : Potencia del motor eléctrico de la bomba (kW).
- $\rho_{mf}$ : Densidad media del fluido a bombear ( $\text{kg/m}^3$ ).
- $g$ : Aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- $H$ : Presión en m.c.a.
- $Q$ : Caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).
- $\eta_e$ : Rendimiento eléctrico del motor que acciona la bomba.
- $\eta_b$ : Rendimiento total de la bomba, que engloba las pérdidas hidráulicas, volumétricas y mecánicas.



El rendimiento de cada bomba depende fundamentalmente del tipo y caudal de la misma. En la siguiente tabla se recogen los valores empleados en el proyecto en función de los parámetros especificados:

Bombas de husillo		Bombas centrífugas	
Q (m³/h)	$\eta_b$	Q (m³/h)	$\eta_b$
0,3 - 1,5	0,4	< 2	0,4
1,5 - 5	0,42	2 - 30	0,6
5 - 10	0,44	30 - 100	0,65
10 - 30	0,45	100 - 300	0,71
30 - 60	0,46	300 - 500	0,75
60 - 125	0,47	> 500	0,77
125 - 200	0,48		
200 - 250	0,49		
> 250	0,5		

En cuanto al rendimiento eléctrico se puede afirmar que básicamente depende de la potencia a suministrar. Para potencias mayores de 20 kW el rendimiento oscila entre 0,9 y 0,96. Para potencias menores oscila entre 0,7 y 0,9.

Las condiciones de funcionamiento fueron definidas de acuerdo con las características de este tipo de buque, tratando de conseguir una automatización lo más alta posible y unas características de los sistemas que garanticen un alto nivel de seguridad.

El consumo eléctrico y las condiciones de servicio de cada uno de los componentes descritos, además de la experiencia en buques similares utilizados como ayuda en este proyecto, nos dan toda la información necesaria para realizar el balance eléctrico de estos consumidores.



## 6 EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y CONTROL

Al igual que los equipos de fuerza, el consumo y condiciones de servicio de los equipos de navegación y control han quedado descritos al estudiar los equipos y servicios a instalar en el buque. Contando con este estudio, y la información de buques de similares características construidas recientemente, se puede determinar de una manera precisa el consumo y los coeficientes que definen el balance eléctrico de dichos servicios.



## 7 BALANCE ELÉCTRICO

Para determinar la potencia correcta de la planta generadora es necesario establecer la máxima carga probable en las distintas condiciones operativas del buque.

Esto se obtiene realizando un análisis de la potencia consumida o balance eléctrico.

Este balance es una detallada tabulación de las cargas totales conectadas durante la navegación en mar adentro, en maniobras y en puerto.

Para poder realizar el balance eléctrico es necesario conocer la potencia unitaria de todos los auxiliares y servicios a alimentar eléctricamente, bien por cálculo o por comparación con lo instalado en otros buques similares y, la información facilitada por los fabricantes de los equipos.

Es evidente que los generadores no han de estar dispuestos para producir la potencia total de los consumidores instalados, ya que algunos de ellos serán elementos de reserva y otros no trabajan simultáneamente y sí lo hacen absorben una fracción de la potencia instalada. Esta fracción varía con las distintas situaciones de trabajo, por lo que es preciso estimar la potencia probable que ha de disponer en cada caso.

Puede considerarse que el consumo se mantiene prácticamente constante durante determinados periodos, que son definidos como hipótesis o estados de carga. Los estados de carga que hemos considerado son:

- Navegación en mar abierto.
- Maniobra.
- Carga y descarga.
- Estancia en puerto.

Dentro de cada uno de estos estados de carga, hemos analizado para cada uno de ellos la situación de día y de noche.

Para cada aparato o conjunto homogéneo de ellos, se determina la potencia a prever, afectando a la potencia total o instalada de un coeficiente de utilización  $K_u$ . Este factor de utilización es el producto de otros dos factores, el de simultaneidad  $K_n$  y el de servicio o régimen  $K_{sr}$ .

El factor de simultaneidad en marcha tiene cuenta el hecho de que cierto número de aparatos o receptores idénticos puedan permanecer inactivos por tratarse de reservas. Será pues, la relación existente entre el número de aparatos simultáneamente en servicio y el total de los instalados a bordo para el mismo servicio.

El factor de servicio y régimen representa la probable superposición de condiciones análogas de trabajo, si bien desfasadas en el tiempo. Depende por tanto del ciclo de funcionamiento y del régimen de servicio considerado. El ciclo de funcionamiento tiene en cuenta la no superposición en el tiempo de funcionamiento o de su ciclo de trabajo



de aquellos equipos de funcionamiento de un modo continuo. En estos se considerará particularmente la relación entre su tiempo a plena carga y el total del servicio.

El punto clave a la hora de realizar un balance eléctrico es la selección de estos coeficientes de servicio y régimen para cada consumidor eléctrico y en todas las situaciones de carga eléctricas posibles. Con objeto de minimizar errores y ajustarnos a la realidad existente, éstos se han tomado de un buque similar construido en IZAR, Factoría Sevilla con el número de construcción 287 de dicho astillero.

Los resultados obtenidos sirven para determinar las características de los generadores instalados a bordo. Para el cálculo de las KVA's de los alternadores se ha tomado un factor de potencia  $\cos \varphi = 0.8$ , siendo este el habitual en este tipo de maquinaria.

Los distintos consumidores eléctricos del buque los hemos agrupado en los siguientes servicios:

- Servicio de los Motores Principales.
- Servicio de purificadoras.
- Servicio de Motores Auxiliares.
- Servicio de trasiego de combustible.
- Caldera.
- Generador de agua dulce.
- Servicios sanitarios.
- Servicios de casco.
- Calefacción.
- Ventilación.
- Aire acondicionado.
- Gambuzas refrigeradas.
- Taller.
- Cocina-Office.
- Lavandería.
- Alumbrado.
- Equipos especiales.
- Equipos de carga de baterías.
- Servicios de propulsión.
- Equipos auxiliares de navegación.
- Maquinaria de maniobra.
- Servomotor.
- Containers refrigerados.
- Equipos de montacargas.

Presentamos a continuación en forma resumida los resultados obtenidos en cada un de estos servicios para las distintas situaciones de carga eléctrica, tanto de día como de noche.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



	NAVEGACIÓN		MANIOBRA		CARGA/DESCARGA		PUERTO	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
SERVICIO MOTORES PRINCIPALES	101	99	103	103	52	52	34	32
SERVICIO DE PURIFICADORAS	25	25	12	12	5	5	5	5
SERVICIO DE MOTORES AUXILIARES	1	1	1	1	5	5	5	5
SERVICIO DE TRASIEGO	2	2	2	2	2	2	2	2
CALDERA	13	11	11	10	18	16	18	16
GENERADOR DE AGUA DULCE	7	7	0	0	0	0	0	0
SERVICIO DE CASCO	18	18	26	26	50	50	20	20
SERVICIOS SANITARIOS	21	18	21	18	15	14	15	14
CALEFACCIÓN	19	19	19	19	13	13	13	13
VENTILACIÓN	191	189	290	289	248	247	59	59
AIRE ACONDICIONADO	58	57	56	57	57	56	59	58
GAMBUZAS REFRIGERADAS	16	16	16	16	16	16	16	16
COCINA-OFICE	88	53	88	53	1	1	44	32
LAVANDERÍA	3	1	3	1	0	0	3	2
ALUMBRADO	10	17	10	17	7	12	7	12
EQUIPOS ESPECIALES	3	3	3	3	2	2	2	2
EQUIPOS DE CARGAS DE BATERÍAS	3	3	3	3	3	3	3	3
SERVICIOS DE PROPULSIÓN	40	40	460	460	0	0	0	0
EQUIPOS AUXILIARES DE NAVEGACIÓN	19	6	21	6	8	3	10	3
MAQUINAS DE MANIOBRA	28	28	210	210	154	154	4	4
TOMAS DE CORRIENTE	400	400	300	300	0	0	0	0
<b>TOTAL (kW)</b>	<b>1024</b>	<b>988</b>	<b>1615</b>	<b>1582</b>	<b>640</b>	<b>651</b>	<b>299</b>	<b>282</b>



## 8 SELECCIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES.

### 8.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Una vez realizado el balance eléctrico del buque, se procede a elección de los grupos generadores. Previamente a ello, se adjunta la siguiente tabla en la que se expone la potencia requerida en las diferentes situaciones de carga y sobre la que se ha aplicado un margen de seguridad de un 15%:

	SITUACIÓN DE CARGA ELÉCTRICA							
	NAVEGACIÓN		MANIOBRA		CARGA/DESCARGA		PUERTO	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA (kW)	1024	988	1615	1582	640	651	299	282
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA + MARGEN 15% (kW)	1177	1136	1857	1819	736	748	344	324
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA + MARGEN 15%	1472	1420	2321	2274	920	935	429	405

En la siguiente página, se recoge una tabla en la que se analiza una serie de alternativas escogiendo marca, modelo y número de grupos electrógenos necesarios para satisfacer los requerimientos de potencia eléctrica de nuestro buque en cada situación de carga eléctrica.



Buque CON-RO/RO

Cuaderno 9: Planta eléctrica.

Proyecto nº10 2008-2009

Alterna.	Alternador	Pot. Motor (kW)	Pot. Elec. Alt. (kWe)	r.p.m	Fre. (Hz)	Nº Gen. Inst. (N)	NAVEGACION				MANIOBRA (CON N-1 GENERADORES EN SERVICIO)				MANIOBRA (CON N GENERADORES EN SERVICIO)				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
							POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)		POTENCIA DEMANDADA (kWe)	
							1177	1136	1343	1340	1857	1819	736	748	344	324										
							DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
							Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.	Nº de Gen. en Serv.	Rend.
1	MAN 6L16/24	660	625	1200	60	4	2	0,94	2	0,91	3	0,72	3	0,71	4	0,74	4	0,73	2	0,59	2	0,60	1	0,55	1	0,518
2	MAN 7L16/24	770	730	1200	60	4	2	0,81	2	0,78	3	0,61	3	0,61	4	0,64	4	0,62	2	0,50	2	0,51	1	0,47	1	0,444
3	MAN 8L16/24	880	835	1200	60	3	2	0,70	2	0,68	2	0,80	2	0,80	3	0,74	3	0,73	1	0,88	1	0,90	1	0,41	1	0,388
4	MAN 9L16/24	990	940	1200	60	3	2	0,63	2	0,60	2	0,71	2	0,71	3	0,66	3	0,65	1	0,78	1	0,80	1	0,37	1	0,345
5	MAN 5L21/31	1000	950	900	60	3	2	0,62	2	0,60	2	0,71	2	0,71	3	0,65	3	0,64	1	0,77	1	0,79	1	0,36	1	0,341
6	MAN 6L21/31	1320	1254	900	60	3	1	0,94	1	0,91	2	0,54	2	0,53	3	0,49	3	0,48	1	0,59	1	0,60	1	0,27	1	0,258
7	MAN 7L21/31	1540	1463	900	60	3	1	0,80	1	0,78	2	0,46	2	0,46	3	0,42	3	0,41	1	0,50	1	0,51	1	0,23	1	0,221
8	WÄRTSILÄ 645W4L20	681,8571	645	900	60	4	2	0,91	2	0,88	3	0,69	3	0,69	4	0,72	4	0,71	2	0,57	2	0,58	1	0,53	1	0,502
9	WÄRTSILÄ 760W6L20	803,4286	760	900	60	4	2	0,77	2	0,75	3	0,59	3	0,59	4	0,61	4	0,60	1	0,97	1	0,98	1	0,45	1	0,426
10	WÄRTSILÄ 875W6L20	925	875	900	60	3	2	0,67	2	0,65	2	0,77	2	0,77	3	0,71	3	0,69	1	0,84	1	0,86	1	0,39	1	0,37
11	WÄRTSILÄ 1400W9L20	1480	1400	900	60	3	1	0,84	1	0,81	2	0,48	2	0,48	3	0,44	3	0,43	1	0,53	1	0,53	1	0,25	1	0,231
12	WÄRTSILÄ 4L20	740	700	900	60	4	2	0,84	2	0,81	3	0,64	3	0,64	4	0,66	4	0,65	2	0,53	2	0,53	1	0,49	1	0,463
13	WÄRTSILÄ 8L20	1480	1405	900	60	3	1	0,84	1	0,81	2	0,48	2	0,48	3	0,44	3	0,43	1	0,52	1	0,53	1	0,24	1	0,231

Como resultado del análisis de la tabla anterior, y teniendo en cuenta que para un adecuado rendimiento del motor este tiene que estar funcionando entre un 70 y 90% de su MCR, se obtiene que ninguna alternativa da rendimientos aceptables ni en la situación de navegación, ni en puerto.

Como consecuencia de lo expuesto en el párrafo anterior se decide instalar dos PTO's, una por línea de eje y un grupo generador que cubra la situación de puerto al cual denominaremos grupo de puerto. Es importante tener en cuenta que desde un inicio, es decir, desde el dimensionamiento y a lo largo del desarrollo del buque proyecto se planteo una planta eléctrica que contaba con dos PTO's con capacidad para dar una potencia de 750kWe cada una. El motivo de contar desde un principio con PTO's fue consecuencia del análisis de buques similares, del cual se dedujo que era práctica habitual instalar PTO's que cubrieran la demanda eléctrica en navegación. Como podemos ver, dicha elección, al menos en este proyecto, no es errónea.

Teniendo en cuenta la demanda eléctrica en navegación, las PTO's planteadas a lo largo del proyecto estarían funcionando a un rendimiento del 79%, cuando lo óptimo sería que estuviera en el entorno del 90%, es decir, que se "instalara dos PTO's de 660kWe".

A continuación se adjunta una tabla en la que se recoge la carga de cada motor en navegación:

Potencia necesaria por eje al 85% MCR (kW)	3615
Potencia demandada por la PTO ( $\eta$ toma de fuerza=0,98) (kW)	673
Potencia del Motor al 85% MCR (kW)	4288
Potencia Nominal del Motor (kW)	5045
Potencia motor instalado (kW)	5800
Carga del motor (%MCR)	87

## PUERTO

En lo relativo al mencionado grupo de puerto se decide instalar un grupo electrógeno MAN 4L 16/24. La elección de este equipo es fruto del análisis comparativo entre el grupo electrógeno de menor potencia de la casa MAN y la casa Wärtsilä. A continuación se adjunta la tabla resumen de dicho análisis.

ALTERNATIVAS PARA EL GRUPO DE PUERTO									
Motor	Potencia		Carga de funcionamiento		r.p.m	Peso (t)	Eslora (mm)	Manga (mm)	Puntal (mm)
	(kW)	(kWe)	Noche	Día					
MAN 4L 16/24	500	475	68%	72%	1200	9,5	4151	1000	2369
Wärtsilä Auxpac 520W4L20	547	520	62%	66%	900	13,3	4340	1920	2248

Como se puede ver, solo el generador de la casa MAN presenta un rendimiento aceptable. Además pesa menos y tiene unas dimensiones más reducidas. Tiene como desventaja que va a 1200r.p.m.



## MANIOBRA Y CARGA/DESCARGA

Se decide instalar 3 grupos electrógenos MAN 8L 16/24. Como se puede ver en la segunda tabla de este apartado las únicas “plantas eléctricas” que presentan rendimientos adecuados en las situaciones de maniobra, en carga/descarga y en el caso de caída de uno de los grupos (Regla II-1/41.1.2 del SOLAS) son las formadas por 3 generadores MAN 8L 16/24 y la formada por 3 generadores Wärtsilä Auxpac 520W4L20.

Ante estas dos alternativas, se decidió instalar 3 grupos electrógenos MAN 8L 16/24 por dar lugar a una planta de mejor rendimiento, de menor peso y menor superficie ocupada. Presenta como desventaja que tendrá un coste de mantenimiento previsiblemente mayor por funcionar a más r.p.m.

Altern.	Generadores	Pot. Motor (kW)	Pot. Elec. Alt. (kWe)	r.p.m.	Nº Gen. Inst.	Peso unitari (t)	Peso total Inst. (t)	Paso de homb. entre Gen. (mm)	B Auxili. (mm)	B ocupada mín. en paralelo (mm)	L (mm)	Huella m2	Puntal (mm)
3	MAN 8L16/24	880	835	1200	3	12,4	37,2	750	1000	4500	5256	24	2266
10	WÄRTSILÄ 875W6L20	925	875	900	3	17,9	53,7	750	1920	7260	5062	37	2248

### NOTA: La Regla II-1/41.1.2 dice lo siguiente:

La capacidad de los grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad. Habrá que asegurar también las condiciones mínimas de habitabilidad que hacen confortable el buque, lo cual supone al menos servicios adecuados de cocina, calefacción, refrigeración de carácter doméstico, ventilación mecánica, agua para las instalaciones sanitarias y agua dulce.

Para poder verificar esta norma, se ha efectuado un balance eléctrico que se ajuste a lo prescrito por la misma. Se puede destacar que el consumidor eliminado de mayor potencia ha sido la refrigeración de contenedores. El resultado de este balance es lo que se muestra en la tabla segunda de este apartado como N-1, siendo N en número total de grupos instalados.

### NOTA: Costes iniciales (Comparativa; MAN 8L16/24 frente a WÄRTSILÄ 875W6L20)

El coste inicial, tanto coste de equipos como de instalación sería inferior si se elige instalar grupos electrógenos de la misma casa que el motor propulsor, es decir Wärtsilä. En consecuencia la alternativa elegida tiene un coste de inicial más alto.

Por otro lado, los costes de mantenimiento son proporcionales a la r.p.m, al número de cilindros y a las situaciones de carga que experimente en su funcionamiento (% de carga). Los motores elegidos funcional a más revoluciones y tienen dos pistones, pero por otro lado funcional a un régimen de carga mejor por lo que sería necesario hacer un análisis más en profundidad para conocer los costes derivados de mantenimiento.



En lo relativo al los costes derivados del consumo se deduce que serán menores, por funcionar a un régimen de carga (% MCR) más optimo.

En cuanto a la elección de instalar PTO's, el coste de una instalación eléctrica en el caso de disponer PTO's es bastante más alto que en el caso de que solamente contara con Grupos Auxiliares. Esto es debido a que, además de necesitar más equipos, es necesario una instalación de cuadro partido (la instalación viene dividida por tanto en 2 ramas), caracterizada por la altas intensidades que van a circular por ella hasta el cuadro principal, lo que conlleva a su vez barras de distribución a lo largo del buque con grandes secciones de cobre. Por tanto esta alternativa en lo que a coste de equipos e instalación se refiere es la más desfavorable.

En cambio y por el contra partida a lo expuesto en el párrafo anterior, es importante destacar que el 98 % de la vida del buque se va a realizar en condiciones de navegación, y durante este tiempo, si se dispone de PTO's, los Grupos Auxiliares estarán parados. De ello se deduce una drástica reducción de costes de mantenimiento de estos últimos.

Y además, el coste de servicio de los equipos instalados viene dado principalmente por el coste del combustible que consumen. En la alternativa con PTO's, el coste de combustible durante la navegación será menor al cubrir la potencia demanda con potencia aportada por el combustible de los MM.PP's siendo dicho coste de consumo a igualdad de potencia menor por tratarse de motores de un mayor tamaño.

Resumiendo:

El coste extra de una instalación con PTO's se ve compensado por:

- Un menor gasto de combustible.
- Una drástica reducción del coste de mantenimiento, ya que durante la mayor parte del tiempo de operación están parados los Grupos Auxiliares. Esto es especialmente importante si el régimen de navegación no es adecuado.
- Flexibilidad de trabajo a cargas parciales y reducidas del PTO respecto al Diesel Generador tradicional.

Además, si por cualquier causa se desconectarán las dos PTO's en la situación de navegación, la demanda eléctrica requerida en dicha situación sería cubierta por los 2 Grupos Auxiliares (MAN 8L16/24) funcionando ha aproximadamente un 70% del MCR (bajo pero aceptable en una situación temporal).

En definitiva la planta eléctrica instalada a bordo del buque estará formada por:

- 2 PTO's, una por cada línea de ejes de  kWe de potencia eléctrica o 937,5 kVA. Cada una de esta tomas de fuerza estarán situadas en el reductor de cada línea correspondiente.
- 3 Motores Auxiliares MAN 8L16/24.



- 1 Grupo de puerto MAN 4L 16/24

Situaciones de carga eléctrica:

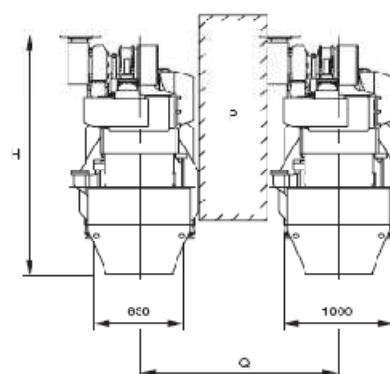
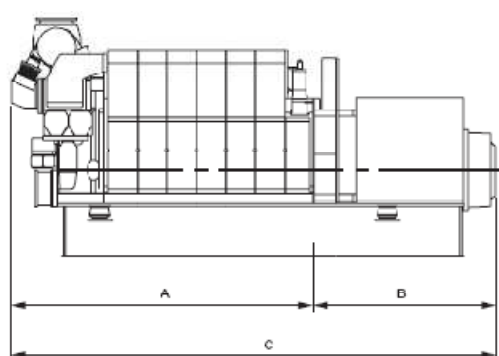
- Navegación ↔ 2 PTO's
- Maniobra ↔ 3 Motor Auxiliar
- Carga/Descarga ↔ 1 Motor Auxiliar
- Puerto ↔ 1 Grupo de Puerto

## 8.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS GRUPOS GENERADORES

A continuación se adjuntan las características técnicas de los grupos electrógenos que se ha elegido:

## L16/24 GenSet Data

	Bore: 160 mm		Stroke: 240 mm	
	Power layout			
	1,200 r/min	60 Hz	1,000 r/min	50 Hz
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	540	515
7L16/24	770	730	630	600
8L16/24	880	835	720	685
9L16/24	990	940	810	770



170 22 (02-1) 0

No. of Cyls.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dry weight GenSet (t)
5 (1,000 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,226	9.5
5 (1,200 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,226	9.5
6 (1,000 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,226	10.5
6 (1,200 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,226	10.5
7 (1,000 r/min)	3,301	1,585	4,886	2,226	11.4
7 (1,200 r/min)	3,301	1,585	4,886	2,226	11.4
8 (1,000 r/min)	3,576	1,680	5,256	2,266	12.4
8 (1,200 r/min)	3,576	1,680	5,256	2,266	12.4
9 (1,000 r/min)	3,851	1,680	5,531	2,266	13.1
9 (1,200 r/min)	3,851	1,680	5,531	2,266	13.1

P Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm

Q Min. distance between engines: 1,800 mm

\* Depending on alternator

\*\* Weight incl. standard alternator (based on a Leroy Somer alternator)

All dimensions and masses are approximate and subject to change without prior notice.

170 22 (02-1) 0

## L16/24 GenSet Data

		Cyl.	5	6	7	8	9
<b>Max continues rating</b>	<b>1,200 rpm</b>	<b>kW</b>	<b>500</b>	<b>660</b>	<b>770</b>	<b>880</b>	<b>990</b>
<b>Engine driven pumps:</b>							
LT cooling water pump	2 bar	m³/h	27	27	27	27	27
HT cooling water pump	2 bar	m³/h	27	27	27	27	27
Lubricating oil main pump	8 bar	m³/h	21	21	35	35	35
<b>Separate pumps:</b>							
Max. Delivery pressure of cooling water pumps	bar		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Diesel oil pump (5 bar at fuel oil Inlet A1)	m³/h		0.35	0.46	0.54	0.61	0.69
Fuel oil supply pump (4 bar discharge pressure)	m³/h		0.17	0.22	0.26	0.30	0.34
Fuel oil circulating pump (8 bar at fuel oil Inlet A1)	m³/h		0.35	0.46	0.54	0.62	0.70
<b>Cooling capacity:</b>							
Lubricating oil	kW		79	103	122	140	159
Charge air LT	kW		40	57	70	82	95
Total LT system	kW		119	160	192	222	254
Flow LT at 36°C inlet and 44°C outlet	m³/h		13	17	21	24	27
Jacket cooling	kW		119	162	191	220	249
Charge air HT	kW		123	169	190	211	230
Total HT system	kW		242	331	381	431	479
Flow HT at 44°C inlet and 80°C outlet	m³/h		6	8	9	10	11
Total from engine	kW		361	491	573	653	733
LT flow at 36°C inlet	m³/h		13	17	21	24	27
LT temp. Outlet engine (at 36°C and 1 string cooling water system)	°C		60	61	60	60	58
<b>Gas Data:</b>							
Exhaust gas flow	kg/h		3,400	4,600	5,500	6,200	7,000
Exhaust gas temp.	°C		330	340	340	340	340
Max. Allowable back press.	bar		0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Air consumption	kg/h		3,280	4,500	5,300	6,000	6,800
<b>Starting Air System:</b>							
Air consumption per start	Nm		0.47	0.56	0.65	0.75	0.84
Air consumption per start	Nm		0.80	0.96	1.12	1.28	1.44
<b>Heat Radiation:</b>							
Engine	kW		9	13	15	18	21
Alternator	kW		(see separate data from the alternator maker)				

The stated heat balances are based on tropical conditions. The exhaust gas data (exhaust gas flow, exhaust gas temp. and air consumption). are based on ISO ambient condition.

\* The outlet temperature of the HT water is fixed to 80°C, and 44°C for the LT water

At different inlet temperature the flow will change accordingly.

Example: If the inlet temperature is 25°C then the LT flow will change to  $(44-36)/(44-25)*100 = 42\%$  of the original flow.  
If the temperature rises above 36°C, then the L.T. outlet will rise accordingly.



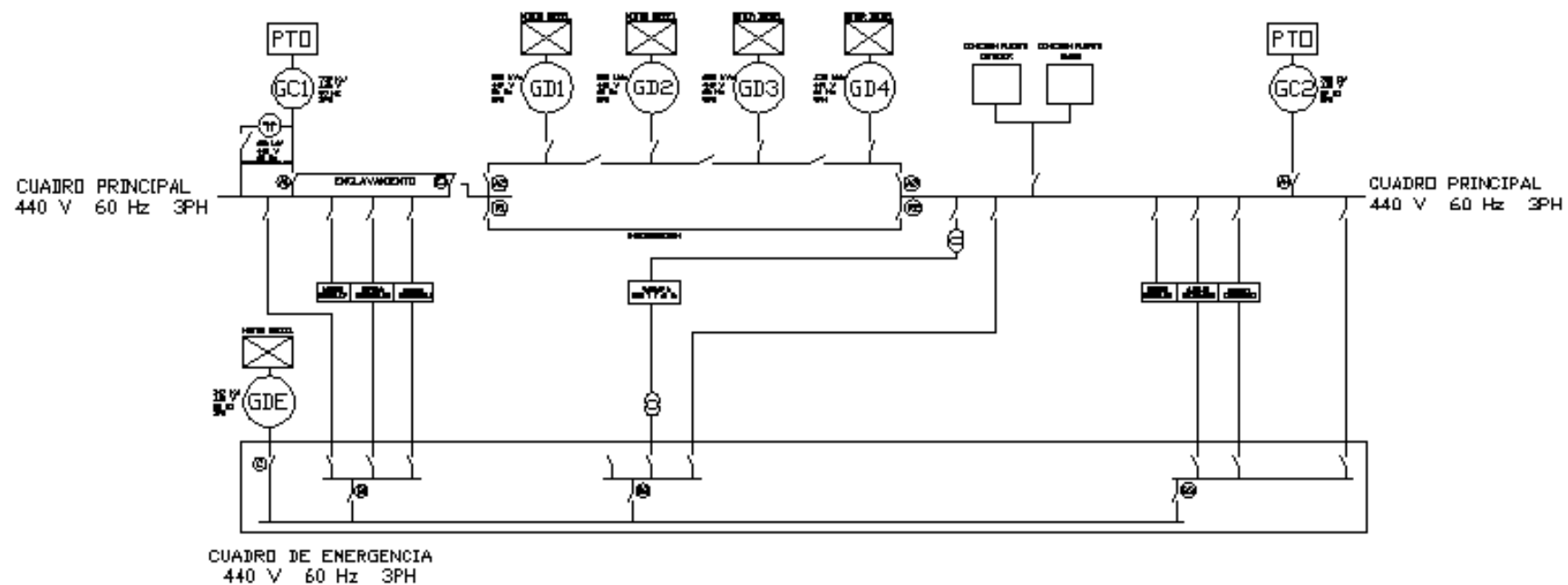
## 9 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Cada uno de los generadores principales de corriente estará conectado con el Cuadro Principal, a donde llegará a través de las barras de corriente. Desde el cuadro principal se distribuirá la corriente a cada uno de los cuadros eléctricos secundarios, que están conectados directamente con los consumidores.

La instalación eléctrica será del tipo de derivaciones sucesivas en el caso de la instalación principal y de anillo cerrado en el caso de la instalación de emergencia.

Se elige para la instalación principal el sistema de derivaciones sucesivas porque utiliza mucho menos peso en cobre con el consiguiente ahorro en peso muerto y coste de instalación, sin embargo, el sistema de emergencia es de tipo anillo cerrado ya que es el que más garantías ofrece en el caso de un incidente al hacerse necesario el corte de la línea por dos lados para que un consumidor se quede sin suministro.

Presentamos a continuación del Esquema Unifilar de la Planta Eléctrica del Buque.

**ENCLAVAMIENTOS:**

A) CERRADO: Se abren E1 y B1.

B) ABIERTO: Se cierra E1 y pueden cerrarse A2, A3, A4, R1, R2, B1, B2 y C3

**SITUACIÓN DE EMERGENCIA:**

Se abren A1, A2, A3 y A4

Se cierran C, B1, B2 y B3



## 10 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Hasta ahora se han descrito los consumos, grupos generadores y características de la corriente instalada. Faltan hacer consideraciones sobre la Planta Eléctrica instalada a bordo, que hagan que cumpla con los requerimientos impuestos por la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.

En el Reglamento se establece la necesidad de contar con dos fuentes de energía a bordo, una principal y la otra de emergencia, independientes una de la otra, y la de emergencia que cubra los servicios esenciales del buque. Se establecen las condiciones de funcionamiento de los componentes y los medios para protegerlos, (ventilación, conexión a tierra, fusibles). Se hace especial hincapié en el Reglamento en la situación de incendio a bordo y los medios de protección de los conductores y equipos en esta situación de emergencia.

Se extraen del Reglamento las siguientes disposiciones:

- Todos los componentes de la instalación de la Planta Eléctrica deberán operar en las condiciones descritas en el Reglamento BV-18-011-3.
- Dependiendo de su situación a bordo tendrán un índice de protección de acuerdo con BV-18-011-4.
- La corriente instalada a bordo cumple con los requisitos de la sección BV-18-012 al ser:
  - Fuerza y calefacción:  $440\text{ V} \leq V(\text{máximo}) = 1000\text{ V}$ .
  - Alumbrado:  $220\text{ V} \leq V(\text{máximo}) = 500\text{ V}$ .
  - Especiales;  $24\text{ V} \leq V(\text{máximo}) = 55\text{ V}$ .
- BV-18-022-1: El circuito de alumbrado estará dispuesto de tal manera que ante cualquier incidencia que inutilice uno de los dos sistemas de alumbrado, Principal o Emergencia, el otro quede inutilizado. En este caso se tiene todo el cuadro principal así como sus grupos generadores y maquinaria auxiliar en la Cámara de Máquinas, y el cuadro de emergencia en la superestructura. En la Cámara de Máquinas se coloca dos alimentaciones para que el fallo en una de ellas no deje al espacio sin iluminación, y en los locales de carga y combustible se podrá accionarse el sistema desde el exterior de los mismos.
- BV-18-022-2: Las luces de navegación tendrán un cuadro propio alimentado desde los sistemas principales y de emergencia con protectores del consumidor y alarma en caso de fallo.
- BV-18-022-3: Todos los cables eléctricos estarán situados de tal modo que queden alejados de componentes magnéticos para evitar interferencias.
- BV-18-022-4: Las bombas de aceite y combustible podrán accionarse desde espacios donde no estén emplazadas y que no resulten dañados en caso de incendio en el espacio de las bombas.





- BV-18-022-5: Los aparatos de ventilación han de poder pararse desde espacios diferentes a donde est´en emplazados, y con medios independientes para cada espacio.
- BV-18-022-6: Las bombas utilizadas para el achique de sentinas deberán de poder funcionar inundadas y tendrán accionamiento desde un punto seguro no inundable por encima de la cubierta de mamparos.
- BV-18-023-1: Las bombas contraincendios tendrán conexiones resistentes al fuego, podrán ser accionadas desde un lugar fuera del compartimento donde se encuentre y no afectado por el fuego en caso de que este se produzca dentro de mismo.
- BV-18-023-2: Los sistemas contraincendios que utilicen la energía eléctrica serán alimentados por los cuadros principales y de emergencia.
- BV-18-023-3: El generador de emergencia tendrá un dispositivo de arranque automático en caso de fallo de los generadores principales. Todos los equipos de emergencia estarán alimentados además de por la red principal, por la red de emergencia.
- BV-18-024: El servomotor estará conectado al cuadro eléctrico de emergencia, con alarma por falta de energía eléctrica localmente y en el Puente, con arranque automático en caso de emergencia, comunicaciones con la cabina de control y el Puente, y alarma por baja presión del sistema hidráulico.
- BV-18-027: Se conectarán a tierra todos los componentes indicados por la reglamentación con las características de los cables indicados en los mismos. Tabla 18-02-1 BV.
- BV-18-03: Se dispondrán comunicaciones entre el Puente y la Cabina de Control de Máquinas, sistemas de alarma completamente distinguibles de otros alimentados por la fuente de emergencia.
- BV-18-06, 18-07, 18-08: La máquina eléctrica instalada a bordo se dispondrá en lugares bien ventilados para evitar un excesivo calentamiento, alejada de lugares donde se puedan crear unas condiciones peligrosas (inflamable, con vapores o gases). Estará protegida contra agentes externos (golpes, agua, gases...).
- BV-18-06: Los generadores de energía eléctrica tendrán reguladores de velocidad y de voltaje.
- BV-18-06: Las máquinas eléctricas rotativas tendrán alarma por calentamiento, y se dispondrán los medios de ventilación para que en ningún caso la temperatura aumente más de lo permitido por el Reglamento. Tabla 18-06-1 BV.
- Cuando se tenga en servicio dos o más componentes que realicen una misma función, y el servicio esté calculado de tal manera que uno de los componentes sea de respeto, la alimentación de corriente a cada uno de los componentes se realizará desde cuadros diferentes y siempre que sea razonablemente posible en compartimentos contra incendios diferentes.



## 11 CUADROS ELÉCTRICOS.

Se dispondrán los cuadros eléctricos de acuerdo con los requerimientos de la sección 05 del Capítulo 18 del Bureau Veritas.

### 11.1 CUADRO ELÉCTRICO PRINCIPAL

El cuadro principal es el centro de recepción de la energía producida por los generadores principales y de distribución a todos los consumidores, jugando un papel fundamental en el sistema eléctrico de todo el buque. En buque proyecto el cuadro principal estará instalado en la Cabina de Control de Máquinas.

Con respecto a la distribución de energía, los servicios esenciales de consumo significativo se alimentarán directamente desde el cuadro eléctrico principal y los demás servicios se alimentarán mediante cuadros secundarios o de sección.

Dicho cuadro eléctrico será de frente muerto, esto es, todas las partes bajo tensión se encuentran protegidas con envueltas dando seguridad y protección al personal y será completamente metálico y autoportante.

La barra colectora será de cobre de alta conductividad y de sección transversal calculada para soportar la máxima carga total prevista con sobrecalentamiento peligroso. Las barras colectoras estarán aseguradas mediante soportes aislados no higroscópicos.

Todas las puertas frontales estarán provistas de frisas de goma en todo su contorno para conseguir aislamiento apropiado. El cuadro eléctrico tendrá protección antigoteo.

En las puertas frontales mencionadas se instalarán los instrumentos de medida, lámparas indicadoras y pulsadores, conectados mediante conductores flexibles.

Es práctica proveer un panel para el control de cada generador y paneles adicionales en número suficiente para los circuitos de distribución. Se situarán en el centro los paneles correspondientes a alimentación de generadores, sincronismos y propulsores de proa, y equipándolos con fusibles aislantes de barras colectoras (desconectados manualmente bajo tensión y sin carga) de forma que sea posible alimentar cada servicio por duplicado, estando fuera de servicio la mitad del cuadro. Entre el generador y los paneles de alimentación se dispondrá una pared divisoria.

En el panel central se montarán los siguientes componentes, de forma que la sincronización y distribución de carga pueda conseguirse fácilmente:

- Instrumentos de medida:
  - *Por cada Generador Principal:*
    - 1 Kilovatímetro.
    - 1 Amperímetro con sector rojo en corriente de régimen y con conmutador de dos direcciones.



- 1 Voltímetro con sector rojo en voltaje en régimen y con conmutador de dos direcciones.
- 1 relé inversor de potencia ajustable de 0 a 15 % con temporizador de 4 segundos.
- 1 totalizador de horas de servicio.
- Sincronización:
  - 1 Ajustador de r.p.m de motor diesel por generador.
  - 1 Sincronoscopio.
  - 1 Medidor de doble frecuencia.
  - 2 Lámparas de sincronización.
  - 1 doble voltímetro.
  - 1 Medidor de aislamiento.
  - 1 Conmutador selector del generador para seleccionar el generador que deba sincronizarse. Este conmutador pondrá en funcionamiento el sincronoscopio, el doble voltímetro y el doble frecuencímetro (se sincronizará el juego de barra colectora).
  - 1 Sincronizador automático.
- Generador de emergencia:
  - 1 Kilovatímetro.
  - 1 Amperímetro con sector rojo con corriente de régimen y con conmutador de dos direcciones.
  - 1 Luz indicadora de funcionamiento.
  - 1 Luz de parada.
- Interruptores automáticos.
  - 3 Interruptores automáticos de los alternadores acoplados a diesel.
  - 2 Interruptor automático de los alternadores PTO.
  - 1 Interruptor automático de seccionamiento de barras (bus tie).
  - 2 Interruptores de las hélices de maniobra.
- Operación manual.

*Todos los interruptores anteriormente mencionados, se podrán operar manualmente desde el cuadro principal, o desde los monitores de control del Sistema Integrado de Automoción que se habiliten. Esta operación manual estará limitada por unos enclavamientos de seguridad mediante una matriz de contactos y que será la siguiente:*

- *No se podrá cerrar simultáneamente el interruptor que conecta el PTO a barras principales con el correspondiente que cierra la hélice de maniobra, de forma que un PTO no podrá tener carga de barras y de la hélice.*
- *En barras principales, con el bus tie cerrado, no podrá haber más de tres alternadores conectados simultáneamente, ni siquiera en momentos breves para trasvase de cargas. (Limitación por el nivel de cortocircuito de la planta).*



- *Acoplamiento de un PTO en caso de fallo de grupo electrógeno acoplado en misma sección del cuadro (supuesto en funcionamiento los Motores Principales correspondientes).*

*Cualquier tipo de combinación es posible, teniendo en cuenta las limitaciones anteriores y que los PTO entre sí y éstos con los grupos electrógenos sólo pueden estar acoplados transitoriamente durante el trasvase de carga por problemas de inestabilidad. Por lo tanto, para tener en barras principales dos PTO o un PTO con un grupo debe llevarse el bus tie abierto.*

*En definitiva, las PTO's no funcionarán en paralelo entre sí y no funcionarán en paralelo con los auxiliares.*

- *Operación automática a través del Sistema Regulador de Potencia en los Grupos Auxiliares.*

*En cualquiera de las situaciones del buque, se elegirá a voluntad el grupo auxiliar o los auxiliares que estarán en stand by, de forma que el Sistema de Potencia (PMS) controlará las funciones clásicas de:*

- *Acoplamiento automático en caso de transferencia de carga a otro grupo.*
- *Arranque y acoplamiento automático en caso de fallo de un diesel.*
- *Arranque automático de la planta en caso de black-out con el consiguiente arranque automático de los servicios auxiliares imprescindibles.*
- *Reserva de potencia en caso de tener que arrancar un consumidor de mucha potencia, estando sólo un grupo funcionando, el PMS retarda la conexión del consumidor, mientras el sistema no arranca el segundo grupo.*

*Los interruptores automáticos al aire de los generadores, de tipo enchufable, estarán activados por solenoide o por motor, además de manualmente y estarán provistos de dispositivos desconectores de estado sólido para:*

- *Sobrecorriente larga duración, corta duración e instantánea.*
- *Corriente inversa.*
- *Corto circuito.*
- *Desconexión preferente.*
- *Bajo voltaje.*

*Estos dispositivos serán de tipo electromagnético, ajustable y podrán ser de tipo independiente.*

*Los interruptores automáticos tendrán indicadores mecánicos de posición del interruptor. También se dispondrán luces indicadoras para generador en marcha (naranja), interruptor conectado (verde), interruptor desconectado*



(rojo), calefacción conectada (blanca) y resorte cargado, así como pulsadores cerrado/abierto.

El circuito auxiliar de los interruptores automáticos se alimentará de su propio transformador.

- Cuadros de distribución de circuitos de salida:

Se dispondrán cuadros de distribución para los siguientes servicios:

- Servicios esenciales y no esenciales.
- Conexión con cuadros eléctricos de emergencia y toma de corriente exterior.
- Planta transformadora, con conmutador selector para el transformador en servicio, interruptor automático, voltímetro con conmutador de selector de fase, medidor de aislamiento para 220 V. y amperímetro con conmutador selector de fase.

Se dispondrán a ambos lados de los cuadros distribución de los generadores, excepto el panel de servicios a 220 V que se instalará sólo en un lado.

En la medida de lo posible, todos los cuadros de distribución serán accesibles para inspección frontal, para lo que estarán provistos de sus puertas correspondientes.

Los circuitos de salida estarán provistos de interruptores automáticos con caja moldeada.

Todos los interruptores automáticos estarán provistos de dispositivos de desconexión para sobrecarga y cortocircuito.

Para los servicios no esenciales y paradas de emergencia (caso de incendio), se dispondrá desconexión mediante apertura de bobina o contactor.

Se dispondrá un sistema de desconexión preferente de dos pasos de servicio no esencial.

Los cables de salida se dirigirán a terminales reforzadas dispuestas en la parte superior o inferior del cuadro eléctrico.

Todas estas terminales estarán debidamente identificadas con placas identificadoras indicando el circuito de conexión exterior. Estas placas se harán extensivas a los fusibles, transformadores, etc, de todos los instrumentos.

Todos los instrumentos, excepto amperímetros, estarán equipados con fusibles en cada polo; y cada instrumento protegido con envuelta metálica, así como los transformadores de voltaje y corriente, tendrán conexión a tierra.

Todas las bobinas de voltaje mínimo, contactos auxiliares y otros dispositivos que requieran control remoto desde fuera del cuadro eléctrico principal estarán



*conectados a terminales del cuadro eléctrico y convenientemente identificados para su conexión a los cables del buque.*

## 11.2 CUADRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.

El cuadro eléctrico de emergencia tendrá una construcción similar a la del cuadro eléctrico principal, excepto en que las puertas de inspección estarán dispuestas en su parte frontal. La desconexión del circuito general se efectuará mediante interruptor automático de circuito de tipo enchufable.

Se instalará en el pañol del generador de emergencia y estará preparado para conexión al cuadro eléctrico principal y al generador de emergencia, mediante interruptores automáticos o contactores con los necesarios medios de protección y control para el generador de emergencia, de forma que su acoplamiento en paralelo con los generadores principales o conexiones exteriores sea imposible.

El cuadro eléctrico de emergencia se conectará automáticamente al generador de emergencia cuando se dé un fallo de voltaje en la entrada del cuadro eléctrico (normalmente conectado al cuadro eléctrico principal). Cuando el voltaje se recupere en este último, el cuadro eléctrico de emergencia se conectará otra vez automáticamente al cuadro eléctrico principal después de pasado un tiempo, a fin de asegurar la recuperación del suministro principal de corriente.

Después de pasado ese tiempo, el cuadro eléctrico de emergencia será consiguientemente alimentado desde el cuadro eléctrico principal y el generador de emergencia se parará automáticamente después de un retardo.

El cuadro eléctrico de emergencia se completará con voltímetros, frecuencímetros, amperímetros con conmutador de selector de fase, kilovatímetros, medidor de aislamiento, etc.

Se dispondrán voltímetros para 440 V y 220 V. En el pañol del generador de emergencia se dispondrá un piloto indicador y alarma sonora de “sobrecarga del generador de emergencia”. Esta alarma también se conectará con el sistema de alarma general. La alarma se ajustará para 100% de la carga del generador.

El cuadro de sincronización del cuadro eléctrico principal estará provisto de indicadores del generador de emergencia.

## 11.3 CUADROS DE SECCIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO.

- Cuadro de distribución de 220 V.

El cuadro de distribución de 220 V. será de construcción similar a la del cuadro eléctrico principal, pero no accesible desde atrás. Se instalará en la cabina de control de Cámara de Máquinas y estará provisto de cuadros para circuitos de salida, voltímetro y amperímetro con conmutador selector de fase y medidor de aislamiento para 220 V.





Se instalará un cuadro de distribución a 220 V en el tronco de acceso al propulsor de proa para los servicios de 220 V de la zona de proa.

También se instalará un cuadro de distribución de 220 V en el pañol del equipo eléctrico, para alumbrado de acomodación y pequeños aparatos consumidores.

El cuadro de sección de 220 V tendrá alimentación desde los transformadores especificados más adelante.

- Cuadros de sección.

Aquellos circuitos de fuerza que debido a sus características no estén alimentados directamente desde el cuadro eléctrico principal y todos los circuitos de alumbrado se alimentarán mediante cuadros de sección convenientemente dispuestos.

Se instalarán cuadros de sección en el pañol auxiliar de proa, pañoles de propulsores de proa, pañol de maquinaria hidráulica, etc.

Los propulsores de proa tendrán alimentación directa desde el cuadro eléctrico principal.

En el pañol del equipo eléctrico se instalará un cuadro de sección de 440/220 V para servicios de acomodación.

Dichos cuadros se construirán según práctica del Constructor, con chapa de acero, de tipo frontal, de cierre rápido y con bisagras, con alojamiento apropiado para su ubicación.

Las puertas estarán provistas de frisas de caucho en todo su contorno para conseguir una hermeticidad apropiada.

Los cuadros de sección en la Acomodación, se colocarán en armarios eléctricos con puertas apropiadamente acabadas, con sus dispositivos de cierre correspondientes.

Las salidas serán trifásicas para servicios de fuerza, y monofásicas para los circuitos finales de alumbrado.

Los cuadros tendrán placas para identificación de circuitos, especificando el servicio y su intensidad nominal.

La protección de los cuadros será, en general, antigoteo.

El tipo de protección de todos los accesorios y sistemas de alumbrado será de acuerdo con los Requisitos de su Clase:

- Protección-Circuitos de Fuerza:



Cajas moldeadas, interruptores automáticos con dispositivos de disparo por sobrecarga y cortocircuitos. Cuando sea necesario, en circuitos para menos de 36 A se dispondrá conmutadores y fusibles).

- Protección-Circuitos de Alumbrado:
- Interruptores automáticos con dispositivos de disparo por sobrecarga y cortocircuito.

#### 11.4 CUADRO DE PRUEBA DE ELECTRICISTA.

En el taller del electricista se instalará un cuadro de pruebas con terminales para 440/220 V de corriente alterna a 5 Amperios y 24 V de corriente continua a 5 Amperios. El cuadro estará equipado con luces indicadoras, conmutadores, fusibles y portalámparas (lámparas de incandescencia y fluorescencia), para poder realizar pruebas, uno de 0-10 amperios y otro de 0-30 amperios.

#### 11.5 CUADRO DE LUCES DE NAVEGACIÓN Y SEÑALES.

Los cuadros para estos servicios se instalarán en el Puente de Gobierno. Las luces de navegación estarán provistas con alarma sonora y visual para fallo de filamento de lámparas en funcionamiento.

Las luces de navegación tendrán dos fuentes de alimentación independientes, una desde el Cuadro Eléctrico Principal y otra desde el cuadro de emergencia, ambas a 220 voltios.

El cuadro de luces de navegación incluirá un sistema para luces de señales y alimentación desde el cuadro eléctrico principal.

#### 11.6 CUADRO ELÉCTRICO DE BAJO VOLTAJE.

En el pañol del equipo eléctrico se instalará un cuadro eléctrico de servicios de bajo voltaje para alimentación de servicios y equipos de 24 V. El cuadro se alimentará desde una batería diseñada para un tiempo de descarga de unos 30 minutos y un cargador de baterías.





## 12 GRUPO DE EMERGENCIA.

Se instalará un grupo de emergencia que cubra las necesidades esenciales del buque tal y como se describe en el apartado 18-026 del reglamento de Bureau Veritas.

El grupo generador se instalará sobre la superestructura tal y como se observa en la Disposición General.

Deberá poder dar al menos servicio a los siguientes consumidores y con las siguientes condiciones (Sección 18-026-3 del reglamento):

- Dar servicio durante tres horas a los proyectores de la cubierta de embarque de botes, tanto en costados como en cubiertas.
- Durante dieciocho horas las luces de emergencia de todos los lugares públicos destacando escaleras, salidas de emergencia y ascensores, locales de máquinas y estaciones principales de generación de energía, en todas las estaciones de control, en todos los locales contra incendios, en la cámara del servomotor, en los locales de bombas de achique y contra incendios.
- Durante dieciocho horas todas las luces de navegación, así como todas las luces exigidas por el reglamento para la prevención de abordajes en la mar.
- Durante dieciocho horas las comunicaciones internas de emergencia, las ayudas a navegación, los sistemas de detección y alarma contra incendios.
- Durante dieciocho horas las bombas de achique y contra incendios.
- Los servomotores durante el tiempo necesario para poner en funcionamiento los servicios esenciales del buque.
- Durante dieciocho horas los equipos de radionavegación.

El generador de emergencia podrá ser tanto un generador como un acumulador eléctrico (BV-18-026-41). Elegiremos la opción de generador porque en caso de necesidad (situación de avería parcial) puede ayudar a suministrar potencia eléctrica a determinados equipos, aunque no tenga suficiente potencia para mantener una condición de carga por si solo. Esta elección viene relacionada con la necesidad de redundancia en la seguridad debido a la existencia de pasaje a bordo.

El generador de emergencia deberá arrancar automáticamente en caso de pérdida del sistema principal. Se conectará automáticamente con el cuadro principal de emergencia (BV-18-026-42/b).

El cuadro de emergencia estará situado lo más cercano al generador (BV-18-026-61). En este caso, al instalar un grupo generador de potencia, se situará en el mismo local (BV-18-026-62).

## 12.1 BALANCE ELÉCTRICO DEL GENERADOR DE EMERGENCIA.

A continuación se presenta el balance eléctrico del generador de emergencia. En él se ha considerado en funcionamiento más equipos de los que el SOLAS exige como mínimo (Regla II-I/43 del SOLAS) y además se ha tomado un margen de seguridad de un 15%:

BALANCE ELÉCTRICO DEL GENERADOR DE EMERGENCIA						
	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	ksr	kW
	Ins.	Srv.				
Compresores Aire de arranque	2	2	10,50	1,0	0,6	6,30
Bomba de alimentación de F.O. MM.PP	4	2	0,62	0,4	0,7	0,17
Bomba de circulación F.O. MM.PP	4	2	4,84	0,4	0,7	1,36
Bba. AD sistema centralizado de MM.PP	2	1	35,00	0,4	0,7	9,80
Bomba aceite lubricante reductora	2	2	10,69	1,0	0,7	7,48
Bomba Sistema Centralizado Baja Temperatura	2	1	42,00	0,4	0,4	6,72
Modulo purificadora Fuel Oil	2	1	18,00	0,4	0,7	5,04
Modulo purificadora Aceite	2	1	13,50	0,4	0,7	3,78
Bomba de lastre	2	2	27,00	1,0	0,3	8,10
Bomba sistema antiescora	1	1	44,00	1,0	0,3	13,20
Bomba de sentinas	2	1	10,58	0,4	1,0	4,23
Bba. De baldeo y contraincendio.	2	1	21,00	0,4	1,0	8,40
Bba. Auxiliar de pistones de sentinas	1	1	3,00	1,0	1,0	3,00
Bba. Mantenimiento presión contrainc.	1	1	4,00	1,0	1,0	4,00
Bba. Contraincendio y sistema aspersores	1	1	23,00	1,0	1,0	23,00
Bba. Contraincendio del sistema de rociadores	1	1	14,00	1,0	1,0	14,00
Alumbrado exterior (Proyectores)	1	1	4,20	1,0	1,0	4,20
Luces de navegación	1	1	0,84	1,0	0,8	0,67
Alumbrado de emergencia (35% alumbrado interior)	1	1	3,32	1,0	1,0	3,32
Sistemas de Navegación	1	1	5,35	1,0	0,8	4,28
Alarmas de Cámara de Máquinas	1	1	1,00	1,0	0,8	0,80
Alarma Hombre refriger. Gambuza	1	1	1,00	1,0	0,8	0,80
Sistemas de comunicaciones externas	1	2	0,10	2,0	1,0	0,20
Sistemas de comunicaciones internas	1	1	8	1	1,0	8,00
Bomba del servomotor	2	2	34,00	1,0	0,7	23,80
Sistema de cierre Puertas hidráulicas estancas	1	1	10,00	1,0	1,0	10,00
Pescantes de botes salvavidas	2	2	9,00	1,0	1,0	9,00
Pescante bote de rescate	1	1	3,00	1,0	1,0	3,00
Impulsores Cámara de Máquinas	4	4	12,50	1,0	0,5	6,25
Extractores Cámara de Máquinas	4	4	10,00	1,0	0,5	5,00
					TOTAL (kW)	180
					Margen	15%
					Potencia requerida generador emergencia (kW)	207
					Potencia requerida generador emergencia (kVA)	259

## 12.2 GENERADOR DE EMERGENCIA.

El generador emergencia elegido es un CATERPILLAR modelo DM6443. Este generador será autónomo y se conectará al caer la tensión a un determinado valor. Generará corriente alterna trifásica a 440 V/ 60 Hz, transformándose a 220 V/ 60 Hz para el alumbrado de emergencia y rectificándose a 24 V para las luces y aparatos de navegación.



## 13 TRANSFORMADORES.

### 13.1 TRANSFORMADORES PRINCIPALES.

#### 13.1.1 Transformadores para el servicio de Sala de Máquinas y Bodegas.

Para el suministro a servicios de 220 voltios, en la Sala de Máquinas se instalarán dos transformadores trifásicos, uno de reserva, con las capacidades que se indican a continuación:

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| • Salida              | 60 kW.                        |
| • Voltajes            | 440/220 V.                    |
| • Conexiones          | Delta/Delta.                  |
| • Aislamiento         | Clase "F", clasificación "F". |
| • Protección          | IP-23.                        |
| • Refrigeración       | Aire natural.                 |
| • Regulación primaria | 2,5%.                         |

#### 13.1.2 Transformadores para servicio de acomodación.

Se dispondrán dos transformadores para los servicios de acomodación de 220 V. Los transformadores tendrán una salida de 40 kW y características similares a las descritas más arriba para transformadores de Sala de Máquinas.

### 13.2 TRANSFORMADORES DE EMERGENCIA.

Para el suministro de servicios de emergencia de 220 V, se instalarán en el pañol del generador de emergencia dos transformadores trifásicos de 440/220 V, estando uno de ellos de reserva.

Estos transformadores serán similares a los principales, pero con una capacidad de 40 kW cada uno.

### 13.3 TRANSFORMADORES PARA SERVICIOS ESPECIALES.

En la Sala de Máquinas se instalará un transformador portátil de 220/24 V. Corriente alterna de 1 W para luces portátiles.



## 14 CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN DESDE TIERRA.

En el pañol del generador de emergencia se instalará una caja de frente sin corriente para conexión de toma de alimentación de tierra portátil. Dicha caja estará provista de conector de capacidad de 400 A.

También se instalará una placa con las necesarias indicaciones respecto al tipo de corriente del buque y voltaje nominales.

Desde dicha caja de conexión, el cable se dirigirá al Cuadró Eléctrico Principal donde se dispondrá un interruptor automático multipolar de 330 A, con dispositivo de protección de sobrecarga.

El panel de conexión a tierra estará provisto de conmutador selector de fase, un voltímetro con conmutador indicador de secuencia de fase, luz indicadora de “suministro de tierra con tensión” y medidor de kW/h.

Se dispondrá terminales a “tierra” para conectar a masa el casco del buque, es decir a la alimentación de tierra.



## 15 ENCHUFES CONTAINERS REFRIGERADOS.

En cubierta expuesta se dispondrán 100 enchufes de 32 A y 440 V para contenedores refrigerados. Se instalarán cinco cuadros de distribución uniformemente repartidos en cubierta expuesta, diseñados para alimentar 20 enchufes y provistos con detectores de tierra.

Se instalarán cinco transformadores aislados, uno para cada cuadro de distribución.



## 16 BALANCE ELÉCTRICO

					SITUACIÓN DE CARGA ELÉCTRICA															
					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
SERVICIO MOTORES PRINCIPALES	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba de alimentación de F.O. MM.PP	4	2	0,62	0,50	1,0	1,24	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,4	0	0,4	0	0,0	0	0,0	0
Bomba de circulación F.O. MM.PP	4	2	4,84	0,50	1,0	9,68	0,8	8	0,8	8	0,8	8	0,4	4	0,4	4	0,0	0	0,0	0
Bba. AD sistema centralizado de MM.PP	2	1	35,00	0,50	0,7	24,50	0,7	25	0,7	25	0,7	25	0,4	14	0,4	14	0,0	0	0,0	0
Bba. AD Precalentadores MM.PP	2	2	1,25	1,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,7	2	0,7	2	0,8	2	0,0	0
Viradores MM.PP	2	1	2,2	0,50	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,1	0	0,0	0	0,0	0
Bomba de control de embrague	2	1	5	0,50	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
Bomba aceite lubricante reductora	2	2	10,69	1,00	0,7	14,96	0,7	15	0,7	15	0,7	15	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Compresores Aire de arranque	2	2	10,5	1,00	0,4	8,40	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4
Compresor aire trabajo	1	1	26	1,00	0,3	7,80	0,3	8	0,5	13	0,5	13	0,1	3	0,1	3	0,1	3	0,1	3
Compresor aire cotrol	1	1	4,75	1,00	0,3	1,43	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0
Polipastos	2	1	3	0,50	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0
Bomba Sistema Centralizado Baja Temperatura	2	1	42	0,50	0,7	29,40	0,7	29	0,7	29	0,7	29	0,4	17	0,4	17	0,4	17	0,4	17
Filtro automático unidad F.O.	2	2	2,5	1,00	0,3	1,50	0,3	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Bomba prelubricación MM.PP	2	2	12	1,00	0,1	2,40	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,3	7	0,3	7	0,3	7	0,3	7
1						101		99		103		103		52		52		34		32



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



				NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO				
SERVICIO DE PURIFICADORAS	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Modulo purificadora Diesel Oil	1	1	4	1,00	0,1	0,4	0,1	0,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4
Modulo purificadora Fuel Oil	2	1	18,00	0,50	0,6	10,8	0,6	10,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8
Modulo purificadora Aceite	2	1	13,50	0,50	0,7	9,5	0,7	9,5	0,3	4,1	0,3	4,1	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4
Separador de sentinas	2	1	0,62	0,50	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba de lodos	2	1	1,00	0,50	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Viscosimetro de la unidad Fuel Oil	3	2	2,2	0,67	0,7	3,1	0,7	3,1	0,7	3,1	0,7	3,1	0,4	1,8	0,4	1,8	0,4	1,8	0,4	1,8
2						25		25		12		12		5		5		5		5

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
SERVICIO DE MOTORES AUXILIARES	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba prelubrif de aceite. Diesel - Generador	3	3	0,20	1,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Calentadores combustible	2	1	0,50	0,50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bomba circulación F.O. Diesel - Generador	2	1	4,84	0,50	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,7	3,4	0,7	3,4	0,8	3,9	0,8	3,9
Bomba alimen. F.O. Diesel - Generador	6	3	0,47	0,50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	1,0	0,7	1,0	0,8	1,1	0,8	1,1
Bba. Precalentamiento agua dulce DG	1	1	0,50	1,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Filtro automático lubricación L.O. DG	3	2	0,40	0,67	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3						0,9		0,9		0,9		0,9		4,6		4,6		5,2		5,2



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
SERVICIO DE TRASIEGO	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba de trasiego D.O.	1	1	7,35	1,00	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7
Bomba de trasiego H.F.O.	2	1	6,00	0,50	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6
Bomba de trasiego H.F.O. (contr. Nivel)	2	1	2,00	0,50	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Bba. Trasiego aceite limpio lubricación	1	1	2,00	1,00	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Bomba trasiego de aceite sucio	1	1	2,00	1,00	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bba. Aceite lubr. Tk. Gravedad. Popa	2	1	0,05	0,50	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Bba. Trasiego aceite lub. Reductora	4	2	0,53	0,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bba. Trasiego aceite lub. Bocina	1	1	0,40	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Bba. De circulación lodos incinerador	1	1	1,30	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bba. De dosificación lodos inciniredor.	1	1	0,50	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4						1,9		1,9		1,9		1,9		2,1		2,1		2,1		2,1

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
CALDERA	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba de fuel	2	1	0,60	0,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,6	0,4	0,7	0,4	0,6	0,4
Bba. Alimentación de agua	2	1	14,20	0,50	0,7	9,9	0,6	8,5	0,6	8,5	0,5	7,1	0,4	5,7	0,3	4,3	0,4	5,7	0,3	4,3
Quemador	1	1	8,70	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	6,1	0,6	5,2	0,7	6,1	0,6	5,2
Precalentador	1	1	13,80	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	0,2	2,8	0,2	2,8	0,2	2,8
Bomba de circulación	3	2	7,40	0,67	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0
5						12,9		11,5		11,5		10,1		17,9		15,6		17,9		15,6

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
GENERADOR DE AGUA DULCE	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba de agua dulce	1	1	0,40	1,00	0,7	0	0,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Bomba del eyector del generador de A.D	1	1	9,00	1,00	0,7	6	0,7	6	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
6						7		7		0		0		0		0		0		0





					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
SERVICIO DE CASCO	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba de lastre	2	2	27,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	10,8	0,2	10,8	0,2	10,8	0,2	10,8	0,2	10,8	0,2	10,8
Bomba sistema antiescora	1	1	44,00	1,00	0,2	8,8	0,2	8,8	0,2	8,8	0,2	8,8	0,7	30,8	0,7	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba de sentinas	2	1	10,58	0,50	0,2	2,1	0,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	0,2	2,1	0,2	2,1	0,2	2,1
Bomba de servicio diario de sentinas	1	1	0,62	1,00	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Bba. De baldeo y contraincendio.	2	1	21,00	0,50	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1	0,1	2,1
Bba. Auxiliar de pistones de sentinas	1	1	3,00	1,00	0,2	0,6	0,2	0,6	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
Bba. Mantenimiento presión contrainc.	1	1	4,00	1,00	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4
Bba. Contraincendio y sistema aspersores	1	1	23,00	1,00	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3	0,1	2,3
Bba. Contraincendio del sistema de rociadores	1	1	14,00	1,00	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,4
7						17,8		17,8		26,2		26,2		50,3		50,3		19,5		19,5

					NAVEGACION				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
SERVICIOS SANITARIOS	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bba. Circulación agua caliente	2	1	0,30	0,50	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1
Bba. de agua dulce de servicios sanitarios	4	2	2,42	0,50	0,7	3,4	0,4	1,9	0,7	3,4	0,4	1,9	0,5	2,4	0,3	1,5	0,5	2,4	0,3	1,5
Incinerador	1	1	8,00	1,00	0,1	0,8	0,0	0,0	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba aguas residuales	1	1	10,00	1,00	0,4	4,0	0,4	4,0	0,4	4,0	0,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Descarga automática para urinales	1	1	0,50	1,00	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1
Calentador de agua dulce	1	1	40,00	1,00	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0
8						20,6		18,2		20,6		18,2		14,7		13,7		14,7		13,7

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
CALEFACCIÓN	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Calefacción cubierta de habitación baja	12	12	1,00	1,00	0,5	6	0,5	6	0,5	6	0,5	6	0,3	4	0,3	4	0,3	4	0,3	4
Calefacción cubierta habitación interm.	12	12	1,00	1,00	0,5	6	0,5	6	0,5	6	0,5	6	0,3	4	0,3	4	0,3	4	0,3	4
Calefacción cubierta de habilita alta y Puen.	7	7	1,00	1,00	0,5	4	0,5	4	0,5	4	0,5	4	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2
Calent. electricos Sala de Servomotor	2	2	9,00	1,00	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4
9						19		19		19		19		13		13		13		13



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
VENTILACIÓN	Nº elem		P cons/elem	kn	DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Impulsores Cámara de Máquinas	4	4	12,50	1,00	0,8	40,0	0,8	40,0	0,7	35,0	0,7	35,0	0,3	15,0	0,3	15,0	0,3	15,0	0,3	15,0
Extractores Cámara de Máquinas	4	4	10,00	1,00	0,8	32,0	0,8	32,0	0,7	28,0	0,7	28,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0	0,3	12,0
Impulsores Pañol Purificadoras	2	1	3,50	0,50	0,8	2,8	0,8	2,8	0,7	2,5	0,7	2,5	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	1,4
Extractor Pañol Purificadoras	1	1	6,20	1,00	0,8	5,0	0,8	5,0	0,7	4,3	0,7	4,3	0,4	2,5	0,4	2,5	0,4	2,5	0,4	2,5
Extrator Sala de Bombas	1	1	6,40	1,00	0,3	1,9	0,3	1,9	0,3	1,9	0,3	1,9	0,4	2,6	0,4	2,6	0,4	2,6	0,4	2,6
Impulsor Sala de Hélice de Proa	1	1	2,50	1,00	0,3	0,8	0,3	0,8	0,7	1,8	0,7	1,8	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0
Extractor Sala de Hélice de Proa	1	1	2,50	1,00	0,3	0,8	0,3	0,8	0,7	1,8	0,7	1,8	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0
Extractor Sala Servomotor	1	1	2,50	1,00	0,8	2,0	0,8	2,0	0,7	1,8	0,7	1,8	0,5	1,3	0,5	1,3	0,5	1,3	0,5	1,3
Impulsor Sala Generador de Emergencia	1	1	0,70	1,00	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
Garaje superior: impulsores a proa	8	8	9,00	1,00	0,3	21,6	0,3	21,6	0,7	50,4	0,7	50,4	0,7	50,4	0,7	50,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Garaje superior: impulsores/extractores L/2	5	5	15,00	1,00	0,3	22,5	0,3	22,5	0,7	52,5	0,7	52,5	0,7	52,5	0,7	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Garaje superior: impulsores a popa	8	8	9,00	1,00	0,3	21,6	0,3	21,6	0,7	50,4	0,7	50,4	0,7	50,4	0,7	50,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Garaje inferior: impulsores a proa	8	8	3,50	1,00	0,3	8,4	0,3	8,4	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Garaje inferior: impulsores a popa	8	8	3,50	1,00	0,3	8,4	0,3	8,4	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Impulsor - Extractor de la Cocina	1	1	3,75	1,00	0,8	3,0	0,4	1,5	0,7	2,6	0,4	1,5	0,6	2,3	0,4	1,5	0,6	2,3	0,4	1,5
Extractor del Local de Baterías	1	1	0,50	1,00	0,8	0,4	0,8	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
Impulsor - Extractor del Local del Incinerador	1	1	1,30	1,00	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Ventilación sala de contraincendios	3	1	0,35	0,33	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
10						171,9		170,4		273,3		272,2		232,3		231,6		39,8		39,1

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
VENTILACIÓN	Nº elem		P cons/elem	kn	DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Ventilaición Bunker Station	2	2	0,25	1,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vent. Local Control Remoto de Válvulas	1	1	0,40	1,00	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2
Ventilación Escaleras	4	4	2,00	1,00	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,8	0,7	5,6	0,7	5,6
Ventilación Camarotes y Puente	4	4	4,30	1,00	0,8	13,8	0,8	13,8	0,7	12,0	0,7	12,0	0,6	10,3	0,6	10,3	0,8	13,8	0,8	13,8
11						18,9		18,9		17,1		17,1		15,4		15,4		19,7		19,7



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
AIRE ACONDICIONADO	Nº elem		P cons/elem	kn	DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Compresor aire acondicionado	2	1	28,00	0,50	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6	0,7	19,6
Bomba circulación aire acondicionado	2	1	4,00	0,50	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8	0,7	2,8
Bba. agua salada condensador A.A.	2	1	1,62	0,50	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8
Unidad A/A cabina control de máquinas	1	1	20,00	1,00	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0	0,6	12,0
Unidad A/C escaleras	2	2	3,50	1,00	0,5	3,5	0,5	3,5	0,5	3,5	0,5	3,5	0,6	4,2	0,5	3,5	0,6	4,2	0,5	3,5
Unidad A/C cocina	1	1	2,20	1,00	0,8	1,8	0,4	0,9	0,7	1,5	0,4	0,9	0,7	1,5	0,7	1,5	0,7	1,5	0,7	1,5
Unidad A/C taller	1	1	16,00	1,00	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8	0,3	4,8
Unidad A/C acomodaciones	1	1	16,32	1,00	0,8	13,1	0,8	13,1	0,7	11,4	0,8	13,1	0,7	11,4	0,7	11,4	0,8	13,1	0,8	13,1
12						58,3		57,4		56,5		57,4		57,2		56,5		58,8		58,1

					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
GAMBUZAS REFRIGERADAS	Nº elem		P cons/elem	kn	DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Compresor gambuza	2	1	20,50	0,50	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3	0,6	12,3
Bba. Circulación gambuza refrigerada	2	1	1,00	0,50	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ventilación gambuza	2	2	6,50	1,00	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6	0,2	2,6
Descarchadora gambuza	4	4	0,20	1,00	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
13						15,8		15,8		15,8		15,8		15,8		15,8		15,8		15,8



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
COCINA-OFFICE	Nº elem		P cons/elem	kn	DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE		DÍA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Horno conveccional vapor	1	1	24,00	1,00	0,3	7,2	0,2	4,8	0,3	7,2	0,2	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	7,2	0,3	7,2
Grill	1	1	12,00	1,00	0,6	7,2	0,3	3,6	0,6	7,2	0,3	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,8	0,4	4,8
Sarten basculante	1	1	10,00	1,00	0,5	5,0	0,2	2,0	0,5	5,0	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Peladora de patatas	1	1	0,40	1,00	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
Lavavajillas	1	1	7,00	1,00	0,5	3,5	0,3	2,1	0,5	3,5	0,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavavasos	2	2	3,50	1,00	0,5	3,5	0,3	2,1	0,5	3,5	0,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Batidora	1	1	1,50	1,00	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Baño María	1	1	2,25	1,00	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Freidora eléctrica	1	1	9,00	1,00	0,5	4,5	0,2	1,8	0,5	4,5	0,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tostador de pan	3	2	2,40	0,67	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Armario refrigerado	1	1	1,10	1,00	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	0,5	0,6
Refrigerador mueble	1	1	1,00	1,00	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7
Unidad compactadora de basura	1	1	0,40	1,00	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1
Cubierta de hielo	2	2	0,60	1,00	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,8	0,7	0,8
Cortadora	2	2	0,65	1,00	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Dispensador de café	1	1	4,00	1,00	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,1	0,4
Cacerola eléctrica	6	3	18,00	0,50	0,1	5,4	0,1	5,4	0,1	5,4	0,1	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	5,4	0,0	0,0
15						40,3		24,5		40,3		24,5		0,0		0,0		20,2		14,6



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
COCINA-OFFICE	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Microondas	2	2	1,50	1,00	0,7	2,1	0,4	1,2	0,7	2,1	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,0
Cortador de vegetales	1	1	0,50	1,00	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abrelatas ajustable	1	1	0,05	1,00	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Trituradora de basuras	1	1	6,50	1,00	0,1	0,7	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,0	0,3	2,0
Ablandadora de carne	1	1	0,50	1,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Termo de té	1	1	4,00	1,00	0,5	2,0	0,3	1,2	0,5	2,0	0,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cafetera electrica	2	1	2,20	0,50	0,6	1,3	0,1	0,2	0,6	1,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
Armario frigorífico gambuza	3	3	0,40	0,40	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8
Lámparo cuarzo estantes mamparos	1	1	0,50	1,00	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vitrina refrigerada botellas	1	1	0,20	1,00	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
Molinillo de café	1	1	0,30	1,00	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Frigoríficos camarotes	2	2	0,05	1,00	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1
16						47,9		28,6		47,9		28,5		0,8		0,8		24,2		17,5



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 9: Planta eléctrica.



Proyecto nº10 2008-2009



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
LAVANDERÍA	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Lavadoras	1	1	2,30	1,00	0,4	0,9	0,2	0,5	0,4	0,9	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,2	0,3	0,7
Secadoras	1	1	3,15	1,00	0,4	1,3	0,2	0,6	0,4	1,3	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,6	0,3	0,9
Planchas	1	1	1,30	1,00	0,4	0,5	0,0	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0	0,0
17						2,7		1,1		2,7		1,1		0,0		0,0		3,4		1,6
					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
ALUMBRADO	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Alumbrado interior	1	1	17	1,00	0,6	10,0	0,8	13,3	0,6	10,0	0,8	13,3	0,4	6,6	0,5	8,3	0,4	6,6	0,5	8,3
Alumbrado exterior (Proyectores)	1	1	4,20	1,00	0,0	0,0	0,8	3,4	0,0	0,0	0,8	3,4	0,0	0,0	0,8	3,4	0,0	0,0	0,8	3,4
Luces de navegación	1	1	0,84	1,00	0,6	0,5	0,8	0,7	0,2	0,2	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18						10,5		17,3		10,1		17,3		6,6		11,7		6,6		11,7
					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
EQUIPOS ESPECIALES	Nº elem		P cons/elem	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.	(kW)		ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Consola de control	1	1	2,00	1,00	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
Supervisión de T.V.	1	1	4,00	1,00	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2
Amplificador de antena	1	1	0,10	1,00	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,1	0,0	0,6	0,1	0,1	0,0
Alarmas de Cámara de Máquinas	1	1	1,00	1,00	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Alarma Hombre refrig. Gambuza	1	1	1,00	1,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
						2,6		2,6		2,6		2,6		2,2		2,1		2,2		2,1



EQUIPOS DE CARGAS DE BATERIAS	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	NAVEGACION				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
	Ins.	Srv.			DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
					ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Baterias del Generador de Emergencia	1	1	0,45	1,00	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Carga de botes de rescate	1	1	0,45	1,00	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Relojes electrónicos	1	1	0,45	1,00	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3
Cargador baterias automoción	2	2	2,00	1,00	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4	0,6	2,4
20						2,9		2,9		2,9		2,9		2,9		2,9		2,9		2,9
SERVICIOS DE PROPULSIÓN	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	NAVEGACION				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
	Ins.	Srv.			DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
					ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Hélice de proa	1	1	600,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	420,0	0,7	420,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba accionamiento hélice de paso variable	4	2	25,00	0,50	0,8	40,0	0,8	40,0	0,8	40,0	0,8	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21						40,0		40,0		460,0		460,0		0,0		0,0		0,0		0,0
EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	NAVEGACION				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
	Ins.	Srv.			DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
					ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Sonda	1	2	0,10	2,00	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Facsimil	1	2	0,10	2,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pupitre control puente	1	2	1,00	2,00	0,6	1,2	0,6	1,2	0,7	1,4	0,7	1,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Girocompas	1	2	0,35	2,00	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Giropiloto	1	1	0,35	1,00	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grabador de ordenes	1	1	0,10	1,00	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Radar	2	2	2,75	1,00	0,2	1,1	0,2	1,1	0,2	1,1	0,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navtex	1	4	0,10	4,00	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Veleta y Anemómetro	1	2	0,10	2,00	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Receptor Navegación Satélite	1	1	0,40	1,00	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Comunicaciones externas	1	1	12,00	1,00	0,8	9,6	0,1	1,2	0,9	10,8	0,1	1,2	0,3	3,0	0,1	1,2	0,3	3,0	0,1	1,2
Comunicaciones internas	1	1	8,00	1	0,8	6,4	0,2	1,6	0,9	7,2	0,2	1,6	0,6	4,8	0,2	1,6	0,8	6,4	0,2	1,6
22			25,35			18,9		5,7		21,0		5,8		8,0		3,0		9,6		3,0



					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
MAQUINAS DE MANIOBRA	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.			ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Bomba del servomotor	2	2	34,00	1,00	0,4	27	0,4	27	0,6	41	0,6	41	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Hidraulicos puertas y rampas	2	1	190,00	0,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	57,0	0,3	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sistema de cierre Puertas hidráulicas estancas	1	1	10,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0
Chigre escala practico	2	1	1,50	0,50	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molinetes (Equi. Fondeo)	2	2	88,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	70,4	0,4	70,4	0,2	35,2	0,2	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Chigres para maniobra de amarras(Equi. Ama)	2	2	107,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	85,6	0,4	85,6	0,2	42,8	0,2	42,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Pescantes de botes salvavidas	2	2	9,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pescante bote de rescate	1	1	3,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bba. Refrig. Rampas/Puertas	1	1	8,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,2	0,4	3,2	0,6	4,8	0,6	4,8	0,1	0,8	0,1	0,8
Bba. Refrig. Unidades hidráulicas	1	1	22,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,4	8,8	0,6	13,2	0,6	13,2	0,1	2,2	0,1	2,2
23						27,8		27,8		210,4		210,4		154,0		154,0		4,0		4,0
					NAVEGACIÓN				MANIOBRA				CARGA/DESCARGA				PUERTO			
TOMAS DE CORRIENTE	Nº elem		P cons/elem (kW)	kn	DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE	
	Ins.	Srv.			ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW	ksr	kW
Tomas de corriente para trailer y contenedores	100	100	10,00	1,00	0,4	400	0,4	400	0,3	300	0,3	300	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
25						400		400		300		300		0		0		0		0





## 16.1 RESUMEN POR GRUPOS

	NAVEGACIÓN		MANIOBRA		CARGA/DESCARGA		PUERTO	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
SERVICIO MOTORES PRINCIPALES	101	99	103	103	52	52	34	32
SERVICIO DE PURIFICADORAS	25	25	12	12	5	5	5	5
SERVICIO DE MOTORES AUXILIARES	1	1	1	1	5	5	5	5
SERVICIO DE TRASIEGO	2	2	2	2	2	2	2	2
CALDERA	13	11	11	10	18	16	18	16
GENERADOR DE AGUA DULCE	7	7	0	0	0	0	0	0
SERVICIO DE CASCO	18	18	26	26	50	50	20	20
SERVICIOS SANITARIOS	21	18	21	18	15	14	15	14
CALEFACCIÓN	19	19	19	19	13	13	13	13
VENTILACIÓN	191	189	290	289	248	247	59	59
AIRE ACONDICIONADO	58	57	56	57	57	56	59	58
GAMBUZAS REFRIGERADAS	16	16	16	16	16	16	16	16
COCINA-OFICE	88	53	88	53	1	1	44	32
LAVANDERÍA	3	1	3	1	0	0	3	2
ALUMBRADO	10	17	10	17	7	12	7	12
EQUIPOS ESPECIALES	3	3	3	3	2	2	2	2
EQUIPOS DE CARGAS DE BATERÍAS	3	3	3	3	3	3	3	3
SERVICIOS DE PROPULSIÓN	40	40	460	460	0	0	0	0
EQUIPOS AUXILIARES DE NAVEGACIÓN	19	6	21	6	8	3	10	3
MAQUINAS DE MANIOBRA	28	28	210	210	154	154	4	4
TOMAS DE CORRIENTE	400	400	300	300	0	0	0	0
<b>TOTAL (kW)</b>	<b>1024</b>	<b>988</b>	<b>1615</b>	<b>1582</b>	<b>640</b>	<b>651</b>	<b>299</b>	<b>282</b>

## 16.2 POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA

	SITUACIÓN DE CARGA ELÉCTRICA							
	NAVEGACIÓN		MANIOBRA		CARGA/DESCARGA		PUERTO	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA (kW)	1024	988	1615	1582	640	651	299	282
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA + MARGEN 15% (kW)	1177	1136	1857	1819	736	748	344	324
POTENCIA CONSUMIDA ESTIMADA + MARGEN 15%	1472	1420	2321	2274	920	935	429	405

## 17 BIBLIOGRAFÍA.

ELECTRICIDAD APLICADA AL BUQUE. Diseño General de Planta Eléctrica. Dr. Amable López Piñeiro.

UPM-ETSIN



# Resistencia Estructural

---

PFC nº 10 – Cuaderno 10

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1 Introducción.....	3
2 Elección del tipo de Estructura.....	4
3 Elección de la clara de cuaderna y la clara de bulárcama.....	5
4 Estructura del Buque.....	5
4.1 Fondo y Doble Fondo.....	5
4.2 Costados.....	6
4.3 Cubiertas.....	6
4.4 Mamparos.....	6
4.5 Zona de Popa y Cámara de Máquinas.....	6
4.6 Zona de Proa.....	7
5 Descripción Geométrica de la Estructura.....	8
6 Consideraciones Iniciales.....	9
7 Materiales.....	14
8 Escantillado de los Elementos Estructurales.....	15
8.1 Escantillones mínimos.....	15
8.2 Escantillado de la Cuaderna Maestra.....	17
8.3 Chequeo Escantillado Mediante Cargas Locales.....	21
8.3.1.1 Espesores Mínimo de las Cubiertas de Carga Rodada.....	22
8.3.2 Cubierta Expuesta.....	24
8.3.2.1 Escantillones mínimos.....	24
8.3.2.2 Baos de la Cubierta Expuesta.....	25
8.3.2.3 Esloras de la Cubierta Expuesta.....	26
8.3.2.4 Refuerzos Secundarios de la Cubierta Expuesta.....	27
8.3.3 Cubierta Principal.....	30
8.3.3.1 Baos de la Cubierta Principal.....	30
8.3.3.2 Esloras de la Cubierta Principal.....	31
8.3.3.3 Refuerzos Secundarios de la Cubierta Principal.....	32
8.3.4 Estructura del Fondo y del Doble Fondo.....	34
8.3.4.1 Escantillones mínimos.....	34
8.3.4.2 Vagras.....	36
8.3.4.3 Refuerzos secundarios del techo del doble fondo.....	36
8.3.4.4 Refuerzos secundarios del fondo.....	37
8.3.5 Pantoque.....	37
8.3.6 Bulárcamas.....	37
8.4 Quilla de Balance.....	40
9 Bibliografía.....	41
10 Anexos.....	42



## 1 Introducción

En el presente cuaderno determinaremos el escantillonado de la estructura metálica del buque, y en especial la Cuaderna Maestra, que de todas, es la más representativa a efectos de resistencia estructural.

De acuerdo con la especificación del proyecto, seguiremos el reglamento de la sociedad de clasificación Bureau Veritas, haciendo especial hincapié en los capítulos 3 y 5.

El procedimiento seguido en el diseño de la Cuaderna Maestra ha sido el de definir los elementos estructurales para soportar las cargas locales derivadas de la carga. Para ello se ha utilizado un modelo viga representativo de cada uno de ellos considerando la plancha asociada.

Una vez comprobado que las estructuras dimensionadas no superan las tensiones admisibles, se han introducido los escantillones en el programa estructural de BV, Mars 2000. Se ha hecho así ya que facilita el cálculo y la modificación de los escantillones.

Una vez introducidas las características del buque de las que se derivan los momentos flectores, cortantes y demás, se chequea que el módulo de la cuaderna maestra sea mayor que el mínimo impuesto por la SS.CC.

Finalmente han sido las solicitaciones globales las que han gobernado el escantillonado de la cuaderna maestra y se han adecuado los escantillones que se habían obtenido primeramente.

En todos los pasos seguidos en la elaboración de la estructura se han tenido en cuenta tanto el tipo de estructura de buques de similares características como el uso de materiales corrientes dentro de la Construcción Naval en España. La consideración más importante en el diseño ha sido lograr una estructura óptima para el tipo de buque a proyectar así como una adecuada disposición de los elementos que permitan un buen manejo de la carga a transportar.

El escantillonado de alguno de los elementos de la Cuaderna Maestra está afectado por más de una regla, habiéndose adoptado el más conservador.



## 2 Elección del tipo de Estructura

Una de las características principales de los buques de carga rodada, es la necesidad imperiosa de cubiertas diáfanas que no presenten impedimentos al trasiego de la carga, como pueden ser mamparos transversales o puntales entre cubiertas.

Ello nos llevará a conferir la resistencia requerida con los costados del buque, las cubiertas, el fondo y el doble fondo, y elementos primarios y secundarios longitudinales.

Debido a estos condicionantes, es práctica habitual desde hace algún tiempo combinar estructura longitudinal con estructura transversal, es decir utilizar estructura mixta, cuya disposición típica se resume a continuación:

- Fondo y Doble Fondo de estructura longitudinal para un mejor comportamiento del buque viga. En el fondo se ha previsto la instalación de longitudinales además de para resistir las cargas locales de tanques e hidrostáticas, para un adecuado dimensionamiento, ya que en esta zona se producen las mayores tensiones derivadas de la flexión global del buque.

Para dar una adecuada rigidez al Doble Fondo, se dispondrán vagras y varengas. Además las varengas soportarán los esfuerzos cortantes de esta zona. La colocación de las varengas se hará de tal modo que coincidan con los mamparos estancos asegurando en su conjunto la estanqueidad y con los costados transversales de los tanques situados en el doble fondo.

- En el Costado, desde la parte alta del pantoque hasta la cubierta principal se utilizará estructura transversal. Por encima del puntal de la cubierta principal se utilizará estructura longitudinal.
- Todas las Cubiertas, tendrán estructura longitudinal, asegurando de este modo un adecuado comportamiento frente a flexión a la vez que facilitando grandes espacios libres para tendido de cables y tuberías.
- En el Pantoque, por facilidades constructivas tendrá estructura transversal, debido a las



dificultades que conlleva el soldar los perfiles con ángulo sobre una plancha curvada y a veces doblemente curvada, así como la necesidad de evitar costuras en esta zona.

### 3 Elección de la clara de cuaderna y la clara de bulárcama

La elección de la clara de cuadernas y bulárcamas tiene una gran importancia en el escantillonado de la cuaderna maestra ya que condiciona dimensiones de planchas asociadas para el cálculo de espesores, luz de refuerzos para cálculo de escantillonado, número de consolas a disponer en todo el buque y por tanto horas de soldadura, peso de acero y por tanto peso en rosca y situaciones de carga, situación de mamparos estancos, mamparos de tanques y en general influirá en todas las generalidades del proyecto, incluyendo el presupuesto.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones y los siguientes parámetros:

- Eslora de los camarotes.
- Sección de las esloras.
- Baos de los garajes.

Se ha fijado una clara de cuadernas a lo largo de todo el buque de 700 mm y una clara de bulárcamas de 2800 mm, es decir 4 claras de cuaderna es una clara de bulárcama.

### 4 Estructura del Buque

Como se ha dicho anteriormente la estructura adoptada es del tipo mixta que a continuación pasamos a definir.

#### 4.1 Fondo y Doble Fondo

El fondo está constituido por estructura longitudinal. Como elementos primarios tendremos vagras equiespaciadas cada 3000 mm y varengas cada cuatro claras de cuaderna, formando paneles entre elementos primarios de 3000x2800 mm. Como refuerzos secundarios se disponen longitudinales en llanta de bulbo, equiespaciados cada 600 mm, entre vagras.



En la zona del pantoque, como se dijo, los refuerzos serán transversales con planchas aligeradas y reforzadas con llantas de bulbo; este tipo de estructura en el pantoque presenta una mayor facilidad a la hora de construir los paneles ya que solo hay que curvar los perfiles una vez, porque no hay dobles curvaturas.

## 4.2 Costados

Se dispondrá estructura transversal desde la zona del pantoque hasta la cubierta principal, siendo la estructura primaria, el conjunto de bulárcamas situadas cada cuatro cuadernas (2800 mm). Las cuadernas estarán espaciadas 700 mm y debidamente reforzadas mediante cartelas en su unión con las cubiertas.

## 4.3 Cubiertas

Se dispone estructura longitudinal con perfiles tipo bulbo, equiespaciados 600mm entre esloras, éstas últimas soportadas por baos separados entre sí 2800 mm.

Dado que la carga se apoya sobre dichas cubiertas, garaje del doble fondo, cubierta principal y expuesta, los baos y las esloras serán elementos claves para poder tener bodegas totalmente diáfanas.

## 4.4 Mamparos

La estructura primaria de refuerzo de los mamparos longitudinales que forman los tambuchos laterales en bodega baja, es transversal. Los elementos primarios espaciados coincidiendo con bulárcamas y los refuerzos de mamparo secundarios longitudinales espaciados cada 600 mm.

Los mamparos transversales, tendrán principalmente refuerzos verticales coincidentes con las esloras y los refuerzos longitudinales secundarios del fondo y doble fondo, con el fin de favorecer una transmisión homogénea de los esfuerzos.

## 4.5 Zona de Popa y Cámara de Máquinas

Asimismo, en la zona de cámara de máquinas, se busca dicha transmisión de esfuerzos desde estructuras como polines, henchimientos, cojinetes, etc, a la estructura principal como, mamparos, vagras y varengas.

En la sala de máquinas se dispondrán bulárcamas junto con baos y puntales a fin de aumentar la resistencia y rigidez de la zona, buscando también con ello reducir la excitación de vibraciones.



Se dispondrán arbotantes y henchimientos hidrodinámicos para la hélice a fin de sostener los tubos de bocina.

Los ejes de las hélices estarán protegidos por bocinas soldadas a piezas de acero fundido que soportarán las chumaceras.

El quillote se dimensionará de forma que resista los esfuerzos causados en las varadas.

La limera del timón se extenderá hasta el servomotor a través del rasel de popa. El acceso a la limera se hará desde el servomotor.

#### **4.6 Zona de Proa**

En proa dadas las complicadas formas, siendo uno de los puntos de mayor concentración de bloques curvos, se dispondrá estructura transversal con elementos tipo buzarda que dan continuidad a los longitudinales de costado.

El bulbo se reforzará con anillos transversales.

Los escobenes se construirán con tubos de acero soldados al forro y cubierta. Estarán provistos de canto redondeado en el extremo del forro.

Las gateras se construirán con tubos de acero soldados a la cubierta y a los techos de las cajas de cadenas. Las cajas de cadena se construirán dentro del pañol del contramaestre y rasel de proa.

La hélice de maniobra de proa se situará dentro de un tubo de acero laminado y se instalarán nichos para estibar las anclas debidamente.





## 5 Descripción Geométrica de la Estructura

El buque dispone de varias cubiertas que se han descrito previamente en el cuaderno de Disposición General, de todas formas vamos a describir someramente la disposición de las mismas.

- Cubierta del Doble Fondo de CC.MM, a 1,7m de la L.B.
- Cubierta del Doble Fondo, a 2,86m de la L.B.
- Cubierta Principal o de Compartimentado, a 8,5m de la L.B.
- Cubierta Expuesta, a 14,14m de la L.B.

Por delante de la cuaderna de construcción C175 se encuentra la superestructura, extendiéndose hasta la cuaderna C235, esto es la eslora de la superestructura es de 85,71 metros que corresponde a un 25% de la eslora de escantillonado (L), y se encuentra fuera del 40% de la L alrededor de la sección media del buque, por lo que consideraremos a efectos de escantillonado, que no contribuye a la resistencia longitudinal del buque.

Por debajo de la cubierta principal, se han dispuesto sendos mamparos longitudinales estancos, a cada banda, situados a 9,16m de crujía, dejando entre mamparo y costado, tanques cuyas dimensiones máximas son: manga de 2,29m (B/10) y una eslora máxima de 14m, siendo la eslora de avería considerada de 8,5m (SOLAS, ver Cuaderno 4, Epígrafe 4.1 *Garaje Inferior*). Que van desde el mamparo de proa de CC.MM hasta el mamparo de colisión de proa.

Estos compartimentos, encierran diversos tanques que pueden verse en el Plano de Tanques



## 6 Consideraciones Iniciales

Se comienza definiendo los parámetros necesarios para el diseño de la estructura del buque, estos son:

### NOTACIÓN DEL BUQUE

Servicio      Roll on – Roll off  
Navegación   Deep sea (Navegación Oceánica)

### DIMENSIONES DEL BUQUE

L	Eslora de Escantillonado	170,18	m
B	Manga	22,9	m
$C_b$	Coefficiente de bloque a $T_1$	0,61	
V	Velocidad de servicio	18	kn
C	Puntal a la cubierta resistente	14,14	m
P	Puntal a la cubierta de francobordo	8,5	m

### CALADO

$T_1$	Calado de Escantillonado	6,28	m
GM	Altura Metacéntrica Transversal (estimado)	2,3	m
KG	Altura del Centro de Gravedad	10	m

### Definiciones Generales

#### Eslora de Escantillonado, $L$ :

La eslora de escantillonado,  $L$ , es la distancia en metros, medida al nivel de la flotación correspondiente al francobordo de verano, entre la cara de proa de la roda y la cara de popa del codaste, o al eje de la mecha del timón si no existe codaste popel. Esta eslora  $L$ , no deberá tomarse inferior al 96% de la eslora en la flotación y podrá no tomarse superior al 97% de la misma.



### Manga B:

La manga en metros, se mide, en todos los casos, fuera de miembros en la cuaderna maestra, en la parte más ancha del buque.

### Puntal C:

El puntal, en metros, se mide en el punto medio de la eslora  $L$ , entre la cara alta de la quilla y la horizontal que pasa por la intersección con el costado de la cara alta de los baos (o de los transversales) de la cubierta completa más alta.

En nuestro buque, dicha cubierta es la cubierta expuesta, por lo que el puntal  $C$  es 14,14.

### Calado de Escantillonado $T_1$ :

Se mide, en metros, en el punto medio de la eslora  $L$ , entre la cara alta de la quilla y la flotación correspondiente al francobordo de verano.

Uno de los márgenes con los que puede jugar el proyectista, es el que proporciona el calado de escantillonado. Si sobre el calado de proyecto se toma un pequeño margen de, por ejemplo, 10 cm el escantillonado del buque estará sobredimensionado para el calado de proyecto, pero en el caso de que el buque salga finalmente algo más pesado de lo que en un principio se estimó, el escantillonado todavía será suficiente para las nuevas cargas.

Así en todo lo que sigue se ha considerado un calado de escantillonado igual al calado de proyecto más 10 cm, es decir 6.28 m.

### Coeficiente del bloque $C_b$ :

Viene definido por la fórmula:

$$C_b = \frac{\Delta}{1,025 \cdot L \cdot B \cdot T}$$

en la que el desplazamiento  $\Delta$ , en toneladas, incluyendo apéndices, será el calculado para el calado anterior  $T_1$ .

## ACELERACIONES

Las aceleraciones del casco del buque nos permiten obtener las cargas a las que se vé sometido en distintos puntos del buque, para calcularlas vamos a utilizar el reglamento de BV, aunque pueden obtenerse también con programas de comportamiento en la mar.



Las aceleraciones calculadas según BV son:

ACELERACIONES			
F	0,226		Froude Number
aB	0,294	m/s <sup>2</sup>	
hW	11,058	m	
aSU	0,500	m/s <sup>2</sup>	Surge (largada) Acceleration
aSW	2,234	m/s <sup>2</sup>	Sway (deriva) Acceleration
aH	2,882	m/s <sup>2</sup>	Heave (alzada) Acceleration
$\alpha R$	0,472	rad/s <sup>2</sup>	
$\alpha P$	0,084	rad/s <sup>2</sup>	
$\alpha Y$	0,027	rad/s <sup>2</sup>	
TR	5,008	s	
TP	7,501	s	
AR	0,300	rad	Roll (balance) Amplitude
AP	0,120	rad	Pitch (cabeceo) Amplitude
$\delta R$	8,016	m	Radio de inercia (roll)

### Resistencia Longitudinal

El buque, cuando se encuentra navegando o simplemente flotando en el agua, se encuentra sometido a una distribución de pesos y solicitaciones que deben ser soportadas por la estructura.

Para dimensionar ésta, se suele asimilar el buque al comportamiento de una viga cuyo módulo de la sección sea equivalente al del buque. Para ello se definen el Módulo de la Sección y el Momento de Inercia de la Sección Transversal del buque viga mínimos según el reglamento de BV.

- $W_m$  : Valor mínimo del módulo resistente 8,05728 m<sup>3</sup>.
- $I$  : Mínimo momento de Inercia de la sección del buque viga 41,12189 m<sup>4</sup>.

Para dimensionar la estructura puede hacerse de manera directa o indirecta, la primera es aplicable cuando el proyecto del buque está ya muy definido mientras que la indirecta, permite

tener una primera aproximación de la estructura del buque aprovechando la experiencia de las SS.CC. que definen unos mínimos en cuanto a espesores, resistencia estructural, etc, normalmente más conservadores que los que se pueden obtener por cálculo directo.

### Condiciones de Contorno Máximas:

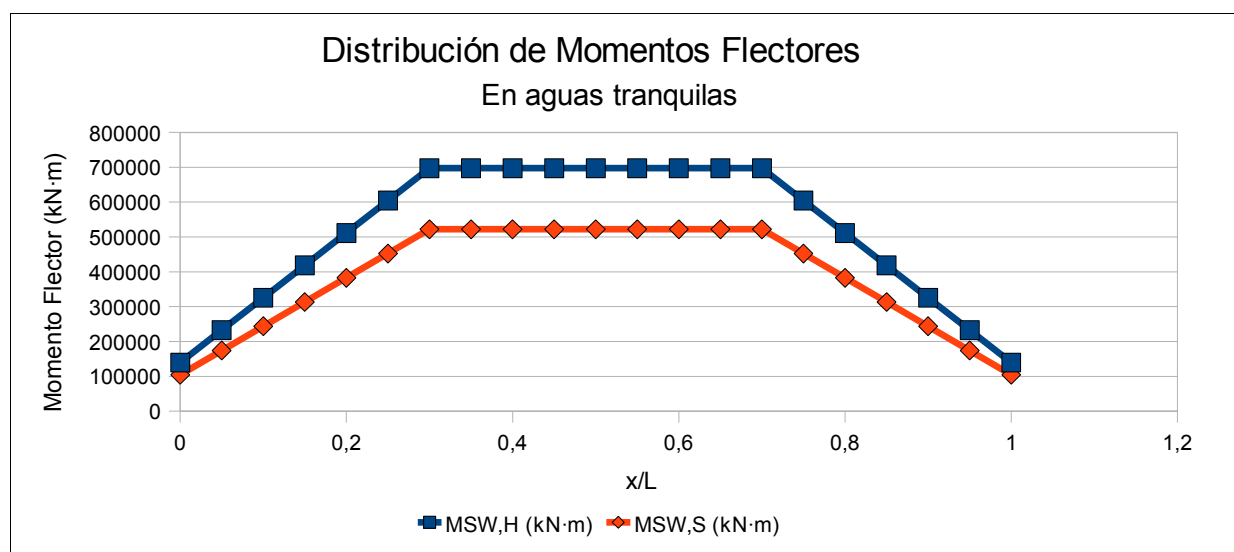
Como comentamos, la SS.CC nos exigen unos mínimos/máximos para que nuestro buque pueda ser clasificado bajo su sello, algunos de ellos son las solicitaciones a las que se deberá enfrentar el buque y para las cuales deberá dimensionarse la estructura, estos son:

1. Momento flector vertical máximo en la sección media, en aguas tranquilas en condición de quebranto.

MSWBM, H	697408,83	kN·m	Design Still Water Bending Moment Amidships in Hogging
-------------	-----------	------	--

2. Momento flector vertical máximo en la sección media, en aguas tranquilas en condición de arrufo.

MSWBM, S	522026,59	kN·m	Design Still Water Bending Moment Amidships in Sagging
-------------	-----------	------	--



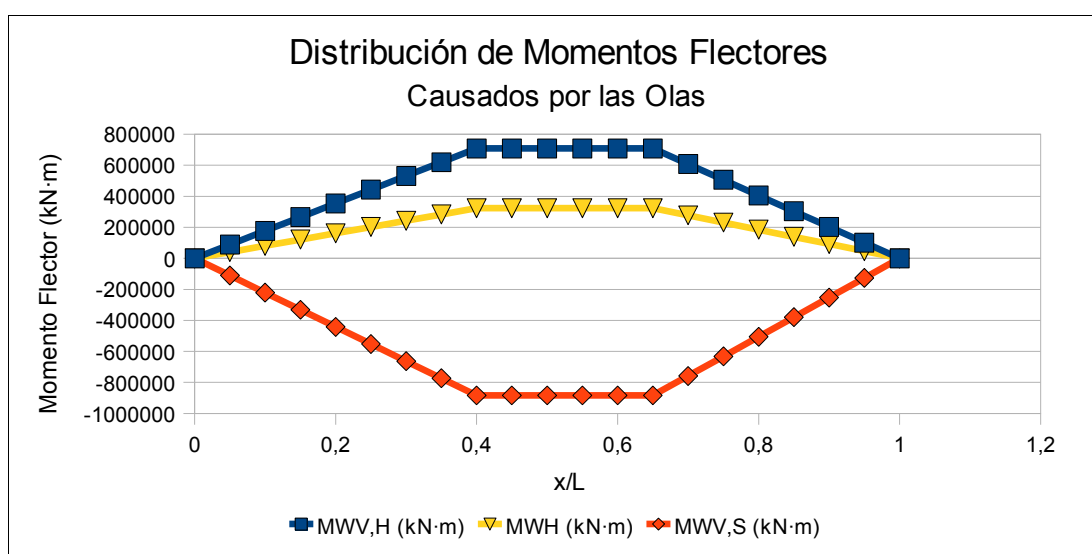
*Momento Flector en aguas tranquilas respecto al tanto por uno de la eslora de escantillonado.*

3. Momento flector vertical debido a las olas en condición de quebranto.

MWVB	708047,37	kN·m	Vertical Wave Bending Moments Amidships in Hogging
M,H			

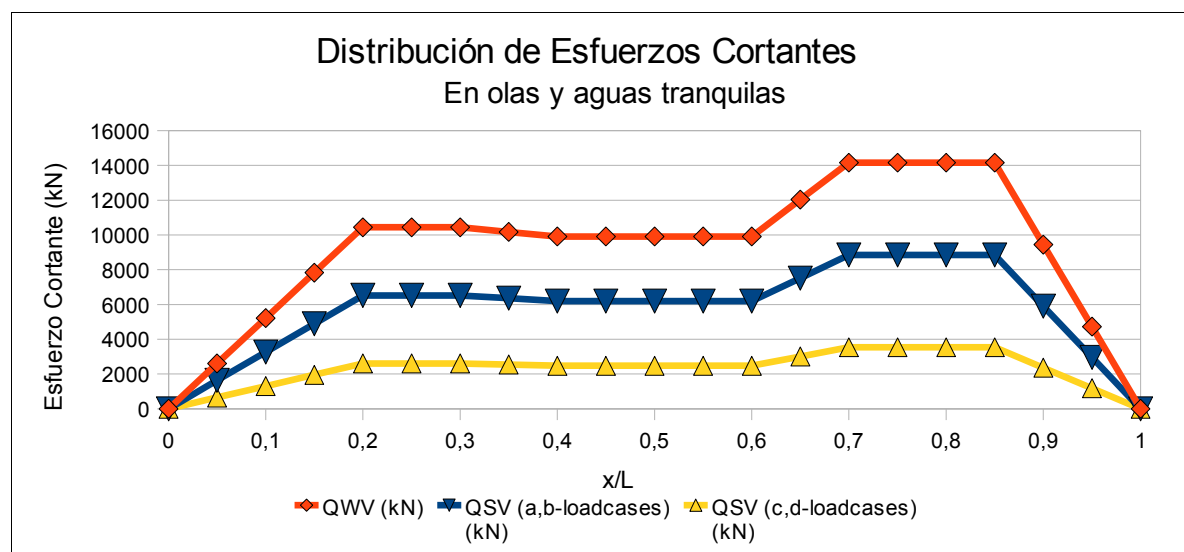
4. Momento flector vertical debido a las olas en condición de arrufo.

MWVB	-883429,61	kN·m	Vertical Wave Bending Moments Amidships in Sagging
M,S			



**Momento Flector Vertical y Horizontal (amarillo) en olas, respecto al tanto por uno de la eslora de escantillonado.**

5. Distribución de esfuerzos cortantes a lo largo de la eslora de escantillo.





## 7 Materiales

En la construcción naval se emplean diversos tipos de acero según la zona del buque y la misión que desempeña ésta durante la vida del mismo.

Estos aceros se clasifican en base al límite elástico mínimo ( $R_{eH}$ ), dado en  $N/mm^2$ , entre acero de Resistencia Normal (Normal Strength (NSS)) cuyo  $R_{eH} = 235 N/mm^2$ , y de Alta Resistencia cuyos límites elásticos oscilan entre los 315 y los 390  $N/mm^2$ .

Los aceros de resistencia normal se dividen en 4 clases, A, B, D y E, que significan las propiedades a impacto a las temperaturas respectivas de +20, 0, -20 y -40°C.

Los aceros de alta resistencia se dividen en cuatro clases identificadas con las letras AH, DH, EH y FH seguidas de un número relacionado con su límite elástico. Aquí las letras se refieren a las propiedades a impacto a las temperaturas de 0, -20, -40 y -60°C, respectivamente.

El acero empleado en el proceso de dimensionamiento de la estructura del buque, será acero de Resistencia Normal, (NSS) de límite elástico  $235 N/mm^2$  de clase A, cuyo módulo elástico es de  $206 GPa$ , y una densidad de  $7,85 t/m^3$ .

	Grados de Acero												
	A	B	D	E	AH –			DH –			EH –		
Límite Elástico (N/mm²)	235	235	235	235	315	355	390	315	355	390	315	355	390
Máxima Tensión Resistente (N/mm²)	400	400	400	400	440	490	510	440	490	510	440	490	510
	520	520	520	520	590	620	650	590	620	650	590	620	650

Acero Elegido		
$\sigma_y$	235 $N/mm^2$	Límite Elástico
k	1	Material Factor

Para los baos y donde se especifique, se utilizará acero AH315 para reducir en la medida de lo posible los escantillones.



## 8 Escantillado de los Elementos Estructurales

La estructura del buque deberá escantillarse tanto para soportar las cargas locales impuestas por la carga y el propio peso de la estructura, como las solicitaciones globales con las que se encontrará en navegación.

Para ello, se ha realizado un escantillado mediante modelos viga de los diversos elementos que la componen, donde las solicitaciones son las derivadas de la carga y sus aceleraciones debido a las olas.

La cuaderna maestra obtenida se introduce en Mars 2000, programa de BV, con el que obtenemos el módulo de la misma y el nivel de tensiones en los elementos. Como las cargas globales predominan frente a las locales, retocamos los escantillones iniciales para cumplir con el módulo mínimo requerido por la SS.CC.

### 8.1 Escantillones mínimos

BV establece unos escantillones mínimos según el tipo de elemento estructural y su situación en el buque.

Los escantillones en ningún caso serán inferiores a los siguientes valores, los espesores mínimos finales se toman pensando en que la precisión de las chapas suministradas es de +/- 1mm:

E	Espaciado entre longitudinales	0,6	m
I	Espaciado entre bulárcamas	2,8	m

- Espesor de la plancha de la quilla:  $e \geq 3,8 + 0,040 \cdot L \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 13,31 \text{ mm}$

El reglamento establece un mínimo para el ancho de la quilla, este es.

- Ancho (b) de la traca de la quilla en metros de:  $b = 0,8 + 0,5 \cdot L/100 = 1,65 \text{ m}$





Tomamos así, un espesor mínimo para la quilla de 14,5 mm (13,5+1mm por corrosión) para el cálculo del escantillonado, y un ancho a lo largo de toda la eslora de 1,65 m.

- El espesor de las planchas del fondo, reforzado longitudinalmente, no será inferior a  

$$e \geq 1,9 + 0,032 \cdot L \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 10,05 \text{ mm}$$
. El espesor mínimo que adoptamos es de 11,05 mm, (10,05+1 mm por corrosión).
- El espesor de las planchas del doble fondo, fuera de CC.MM, no será inferior a  

$$e \geq 1,9 + 0,024 \cdot L \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 8,68 \text{ mm}$$
.
- El espesor neto de la cubierta expuesta no será inferior al determinado por la siguiente expresión:

$$e \geq 2,1 + 0,013 \cdot L \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 7,01 \text{ mm}$$

- El espesor mínimo de la cubierta principal, dedicada exclusivamente a la carga rodada será según las recomendaciones de BV,  $e \geq 4,5 \text{ mm}$  .
- Para ambos mamparos longitudinales destinados a los tanques estabilizadores y de lastre, el espesor mínimo para las chapas será de  $e \geq 3,6 + 2,20 \cdot k^{1/2} + s = 6,5 \text{ mm}$  .
- Espesor mínimo de las planchas del pantoque cuando se refuerza transversalmente, como es el caso,  $e \geq 0,7 \left[ \gamma_R \cdot \gamma_m (\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W) \cdot s_b \right]^{0,4} R^{0,6} k^{1/2} = 11,5 \text{ mm}$  .

donde

- $\gamma_R$  es el factor de seguridad relativo a la resistencia y vale 1,2.
- $\gamma_m$  es el factor de seguridad relativo al material y vale 1,02.
- $\gamma_{S2}$  es el factor de seguridad relativo a la presión en aguas tranquilas y vale 1,0.
- $P_S$  es la presión en aguas tranquilas en kN/m².



- $\gamma_{w2}$  es el factor de seguridad relativo a la presión debida a las olas y vale 1,2.
- $p_w$  es la presión en olas en kN/m<sup>2</sup>.
- $s_b$  Longitud en m del lado más corto del panel de chapa del pantoque.
- $R$  es el radio del pantoque en metros que vale 2.5 m.
- $k$  es el factor de seguridad relativo al material que en este caso vale 1.

## 8.2 Escantillonado de la Cuaderna Maestra.

Si hay un elemento estructural clave en los buques ro-ro, y por analogía, en nuestro buque, estas son las cubiertas de carga rodada, que deben ser:

1. Corridas en la medida de lo posible, intentando evitar los puntales innecesarios que obstaculicen la maniobra de la carga.
2. Deben soportar cargas casi puntuales que son las transmitidas por las ruedas de los tráileres.
3. Debe tenerse una correcta disposición de anclajes para evitar los movimientos de la carga en navegación<sup>1</sup>.
4. Suelen tener grandes aperturas para albergar rampas entre cubiertas, sus tapas deben ser estancas a la intemperie y debidamente reforzadas.

Para realizar el escantillonado de la cuaderna maestra en Mars 2000, se introducen en el programa las dimensiones principales del buque de modo que éste calcula de acuerdo al reglamento, los momentos flectores y esfuerzos cortantes en aguas tranquilas y en olas según el mismo.

Una vez introducida la información relativa al buque, se dibuja la sección maestra, contemplando los elementos estructurales como vagras, cubiertas, mamparos longitudinales y forro. Definiendo

---

<sup>1</sup> Esto no se ha tenido en cuenta en este proyecto.



qué parte del buque es cada cual: fondo, cubierta expuesta, costado, pantoque, etc, con el fin de que el programa aplique las condiciones de contorno y espesores mínimos pertinentes.

Una vez se han dado los espesores y material a estos elementos se pasan a definir los elementos estructurales primarios y secundarios.

Terminado esto, ya se tiene un modelo listo para chequear el comportamiento de la sección maestra bajo la acción de las cargas globales.

La salida de resultados del programa nos muestra el módulo de la sección, el eje neutro, el momento de inercia y si son superiores o no a los mínimos necesarios por reglamento. Asimismo muestra cuán cargada está la estructura, pudiendo modificar los elementos estructurales para que cumpla.

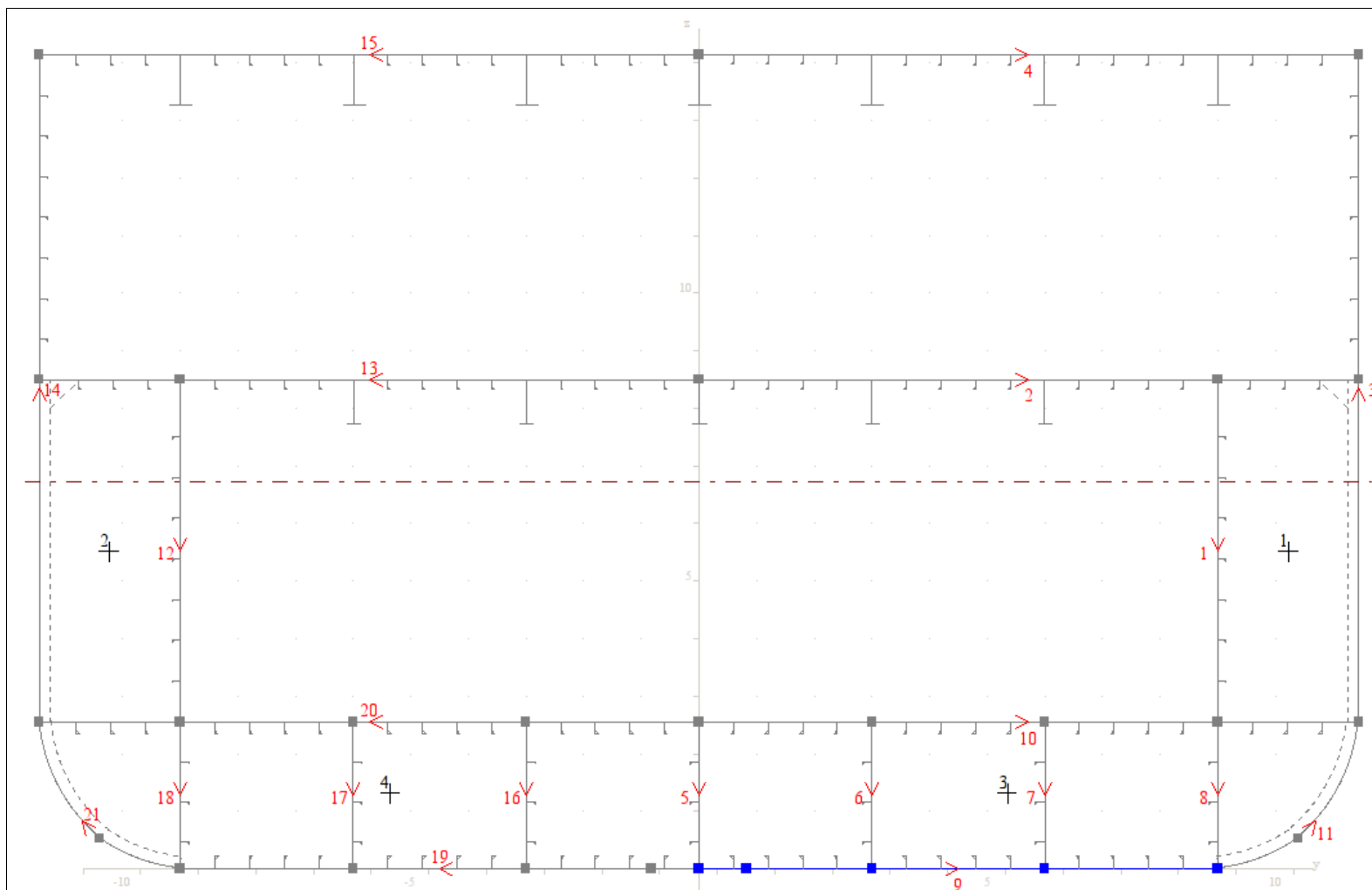
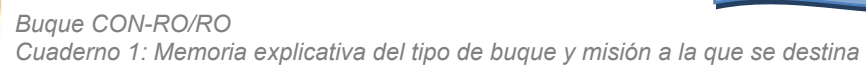
Los módulos mínimos requeridos en cubierta y en el fondo del buque vienen determinados por la tensión máxima admisible pormenorizada por el coeficiente de seguridad.

En nuestro caso por ser el acero utilizado en cubierta resistente y en el fondo el mismo, ST235, obtenemos por el reglamento los módulos mínimos, estos son:

$$\text{– Módulo mínimo en cubierta } \omega_{cub \ min} = \frac{M_{f \ max \ cubierta}}{\sigma_{adm \ cub}} = 8,05728 \ m^3$$

$$\text{– Módulo mínimo en fondo } \omega_{bot \ min} = \frac{M_{f \ max \ fondo}}{\sigma_{adm \ fondo}} = 8,05728 \ m^3$$

Dados estos requisitos hemos realizado una sección maestra en Mars 2000 buscando cumplir con los módulos mínimos. El resultado ha sido la sección que se muestra en la siguiente figura.



**Escantillones Cuaderna Maestra**

		Espesor (mm)	Tipo Perfil	Dimensiones (mm)				Plancha Asociada (mm)	Luz (mm)
				Alma		Ala			
				Altura	Espesor	Anchura	Espesor		
Cubierta Expuesta									
Cubierta Longitudinales	Cubierta	13,0							
	Esloras		Perfil en T	875	20	400	45	3000	2800
	Cubierta		Llanta Bulbo	300	15			600	2800
	Baos		Perfil en T	875	35	500	45	2800	22900
Cubierta Principal									
Cubierta Longitudinales	Cubierta	13,0							
	Esloras		Perfil en T	775	20	250	45	3000	2800
	Cubierta		Llanta Bulbo	200	10			600	2800
	Baos		Perfil en T	775	30	450	45	2800	18320
Mamparo Longitudinal									
Mamparo Longitudinales de Rfzo. Primario	Mamparo	8,0							
			Llanta Bulbo	140	8			600	2800
			Perfil en T	480	11	150	10	2800	5120
Doble Fondo (DF)									
Refuerzos Longitudinales	Techo DF	13,0							
	Esloras		Llanta Bulbo	200	10			600	2800
	Vagras		Perfil en T	450	8	100	10	3000	2800
	Baos DF		Perfil en T	450	8	150	10		
			Llanta Bulbo	150	5			696	2800
	Varengas		Perfil en T	480	8	150	10	2800	3000
	Esloras DF		Perfil en T	450	8	100	10		
	Traca de Quilla	15,0							
	Tracas de aparadura	13,0							
	Longitudinales Fondo		Llanta Bulbo	250	15			600	2800
Pantoque									
Tracas de Pantoque Transversales	Tracas de Pantoque	13,0							
	Transversales de Pantoque		Llanta Bulbo						
Costado									
Tracas de Cinta Sobre Bulárcama	Tracas de Cinta Sobre Techo DF	10,0							
	Palmejares		Llanta Bulbo	140	8			600	2800
	Bulárcama cbta. Ppal – cbta. Exp		Perfil en T	450	8	150	10	2800	4720
	Bulárcama cbta. DF - cbta. Ppal		Perfil en T	600	12	225	12	2800	5120
	Tracas de Cinta Sobre Cub. Ppal	10,0							



Siendo los módulos netos en la cubierta expuesta y fondo  $8,76 m^3$  y  $9,83 m^3$ , respectivamente, que son mayores que los demandados por reglamento, no considerando los elementos transversales.

### 8.3 Chequeo Escantillonado Mediante Cargas Locales

Una vez hemos obtenido un escantillonado para la cuaderna maestra que cumple con los requerimientos impuestos por las cargas globales, cabe hacer una segunda comprobación, para verificar que ésta cumple los requisitos en cuanto a tensiones máximas admisibles bajo las sollicitaciones impuestas por las cargas locales. Antes pero necesitaremos comprobar que la chapa entre refuerzos aguanta las carga inducida por los neumáticos.

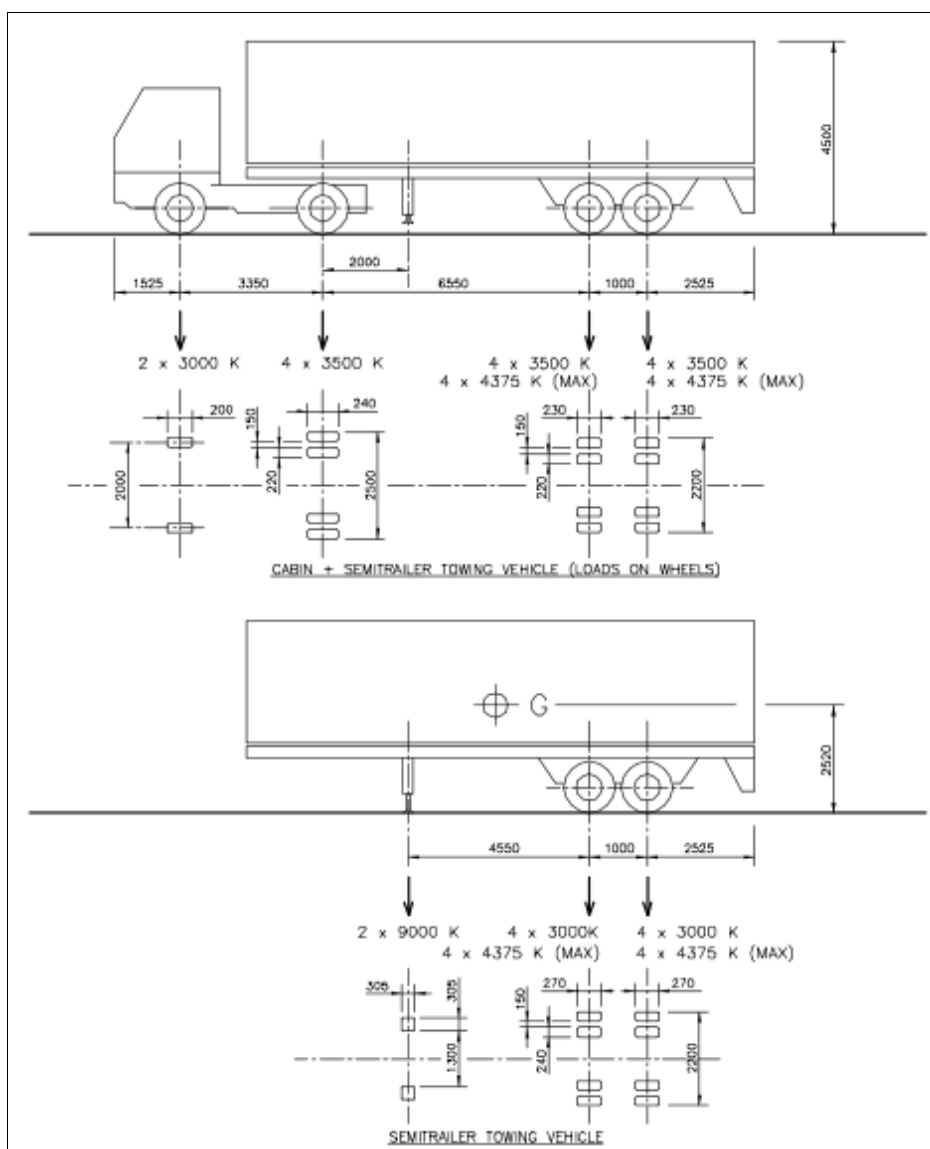
Para el dimensionado de la estructura primaria, baos y esloras, se considerará una densidad superficial de carga de  $5,64 t/m^2$  mientras que para el escantillonado de la plancha asociada se utilizará  $14,1 t/m^2$ .

Carga considerada en panel  $P = P_0 / A_{panel}$ .

Siendo  $P_0$  la fuerza dinámica del tráiler sobre el panel, derivada de los movimientos del buque, y  $A_{panel}$ , el área del panel considerado, ya sea el primario ( $2,8 \times 3 m$ ) o el secundario ( $2,8 \times 0,6 m$ ).

Los tráileres de referencia utilizados para dimensionar las cubiertas, son del tipo Road-Trailer de doble eje de 48 toneladas de peso total, compuestos por un eje delantero donde van los apoyos del remolque y un eje doble trasero. Dichos ejes disponen de 4 ruedas cada uno soportando 17,5 toneladas, con una separación entre ellos de 1 metro.

Presentamos a continuación un esquema del tráiler y su remolque.



### 8.3.1.1 Espesores Mínimo de las Cubiertas de Carga Rodada

Las planchas de las cubiertas de carga rodada no deberán tener un espesor inferior al obtenido en milímetros de la fórmula siguiente, según BV,

$$t = C_{WL} \cdot (nP_0 k)^{0.5} - t_c$$

donde

$C_{WL}$  coeficiente que debe ser tomado como  $C_{WL} = 2,15 - \frac{0,05l}{s} + 0,02 \cdot \left(4 - \frac{l}{s}\right) \cdot \alpha^{0,5} - 1,75 \alpha^{0,25}$

siendo respectivamente  $l$  y  $s$  el mayor y menor lados del panel a dimensionar.

$t_c$  espesor añadido por corrosión.

$\alpha = \frac{A_T}{ls}$  donde  $A_T$  es la huella o suma de huellas de cada uno de los neumáticos en  $m^2$ .

$n$  es el número de neumáticos en el panel.

$P_0$  Fuerza dinámica de la rueda sobre el panel, en  $kN$ , tomada igual a:

$$P_0 = \gamma_{s2} F_s + \gamma_{w2} F_{w,z}$$

Cuando no se conoce el área de apoyo de los neumáticos puede tomarse  $A_T = 9,81 \frac{nQ_A}{n_w p_T}$

siendo  $Q_A$  la carga por eje del tráiler en toneladas, y  $n_w$  número de ruedas por eje considerado y  $p_T$  la presión del neumático en  $kN/m^2$  que de no conocerse se puede tomar de la tabla siguiente.

Tipo de Vehículo	Presión del Neumático $p_T$ , en $kN/m^2$	
	Neumáticos de aire	Neumáticos sólidos
Coches privados	250	NA
Furgonetas	600	NA
Camiones y Tráileres	800	NA
MAFIS/otros	1000	1600

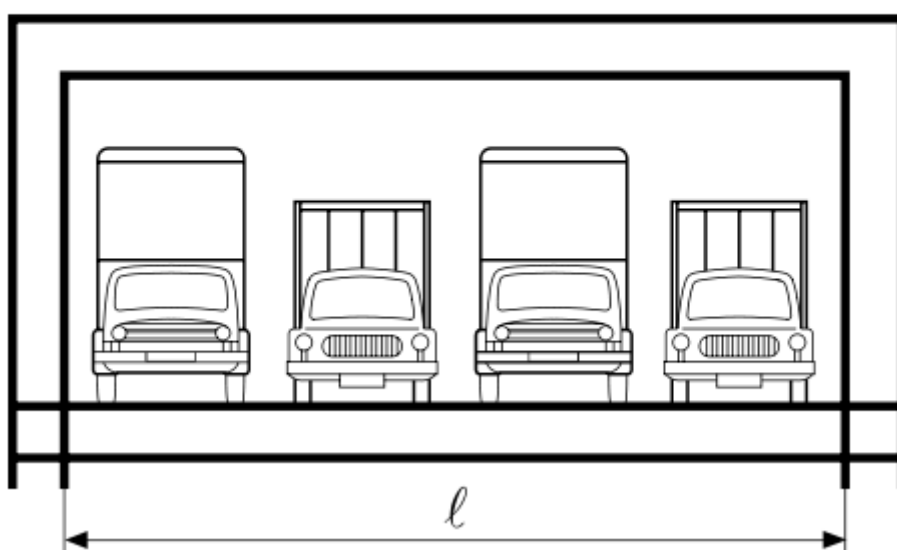
Siendo la fuerza estática más dinámica transmitida desde cada rueda al panel de  $P_0 = 58,08 kN$  tenemos un espesor neto para la chapa de los paneles de carga rodada de  $t = 12,5 mm$ .

Luego el espesor de las planchas de las cubiertas de carga rodada, (DF, Cub. Ppal y Cub. Expuesta), tendrán un espesor de **t=13mm** habiendo contabilizado un espesor extra de 0,5mm por corrosión.



Para el cálculo de los baos de las cubiertas de carga rodada, las condiciones de contorno serán las indicadas en la figura siguiente, donde los tráileres se sitúan de la manera más perjudicial, todos ellos con el eje más pesado sobre el bao, siendo “ $l$ ” la luz del mismo.

**Figure 1: Wheeled loads - Distribution of vehicles on a primary supporting member**



## 8.3.2 Cubierta Expuesta

### 8.3.2.1 Escantillones mínimos.

La cubierta expuesta se dedica tanto al transporte de carga rodada debidamente trincada como al transporte de contenedores, además contribuye fuertemente a la resistencia longitudinal del buque dada su distancia al eje neutro.

Los parámetros principales de la cubierta expuesta son:

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS CUBIERTA EXPUESTA		
Separación entre bulárcamas	2800	mm
Separación entre esloras	3000	mm



Separación entre longitudinales	600	mm
Vano de Baos	22,9	m
Vano de Esloras	2,8	m

### 8.3.2.2 Baos de la Cubierta Expuesta

Para dimensionar dicha cubierta se tendrá en cuenta la peor situación de carga, entre TEUs o Tráileres.

Considerando un apilamiento máximo de 4 TEUs, pesando 20t cada uno aproximadamente

tenemos una carga transmitida a la cubierta de  $p_{cub.} = \frac{20t \cdot 4}{6,096 m \cdot 2,438 m} = 5,38 t/m^2$ .

Mientras que para un tráiler tenemos  $p_{cub} = \frac{17,5t}{4_{ruedas / panel} \cdot (0,230 m \cdot 0,220 m)} = 86,46 t/m^2$

Realizamos para escantillonar los baos, un modelo de viga con un coeficiente de empotramiento de 0,9, en los extremos, esto se debe a que no se consigue un empotramiento ideal en la realidad, y por otro lado, aunque la tensión máxima es menor en la viga, la flecha por el contrario, es mayor que considerándolo ideal. Teniendo así más en cuenta la altura libre en garaje, uno de los parámetros más sensibles en este tipo de buques.

El módulo resistente mínimo se determina conociendo el momento máximo y la tensión máxima admisible en el bao.

La carga a la que están sometidos es una carga uniformemente distribuida de  $15,79 t/m$ , que se obtiene de multiplicar la densidad superficial de carga,  $5,64 t/m^2$ , por la separación entre baos,  $s$ .

Los baos tienen las siguientes características:

BAOS, REFUERZOS PRIMARIOS DE Cub. Expuesta			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	875	mm	ALTURA ALMA
t_w	35	mm	ESPESOR ALMA
b_f	500	mm	LONG ALA
t_f	45	mm	ESPESOR ALA
A_a	36199,68	mm <sup>2</sup>	PLANCHA ASOCIADA
w	24678,18	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	24261,5	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
Peso específico	0,70	t/m	
Espesor chapa asociada	13	mm	

Siendo las tensiones normales máximas de Compresión y Tracción en la parte alta y baja del bao respectivamente:

Tensiones		
Grado empotramiento	0,9	
Momento max	609,37	t·m
Tensión Compresión	-171,07	N/mm <sup>2</sup>
Tensión Tracción	241,99	N/mm <sup>2</sup>
Tensión máxima admisible	246,15	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3.2.3 Esloras de la Cubierta Expuesta

Para escantillonar las esloras de dicha cubierta realizamos un modelo de viga con un coeficiente de empotramiento de 0,9 en sus extremos, donde el módulo resistente mínimo se determina conociendo el momento máximo y la tensión máxima admisible.

Se supone una carga uniformemente distribuida sobre la esloras de  $16,92 \text{ t/m}$ , que se obtiene de multiplicar la densidad superficial de carga,  $5,64 \text{ t/m}^2$ , por la separación entre esloras,  $s$ .

Las esloras tienen las siguientes características:

ESLORAS, REFUERZOS LONGITUDINALES PRIMARIOS DE Cub. Expuesta			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	235	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	875	mm	ALTURA ALMA
t_w	20	mm	ESPESOR ALMA
b_f	400	mm	LONG ALA
t_f	45	mm	ESPESOR ALA
A_a	38785,37	mm <sup>2</sup>	PLANCHA ASOCIADA
w	19073,03	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	592,47	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
Peso específico	0,58	t/m	
Espesor chapa asociada	13	mm	

Siendo las tensiones normales máximas de Compresión y Tracción en el canto alto y bajo de la esloras respectivamente:

Tensiones		
Grado empotramiento	0,9	
Momento max	11,61	t·m
Tensión Compresión	-3,27	N/mm <sup>2</sup>
Tensión Tracción	5,96	N/mm <sup>2</sup>
Tensión máxima admisible	191,99	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3.2.4 Refuerzos Secundarios de la Cubierta Expuesta

La estructura secundaria de la cubierta expuesta es longitudinal con perfiles en llanta de bulbo, para dimensionarlos utilizamos el modelo de viga análogo al utilizado en la estructura primaria de



la cubierta.

Utilizamos para el escantillonado de los perfiles bulbo, el modelo equivalente en llanta en ángulo según BV en su *Parte B Vol. 1 Chapter 4, Sec 3.1.3*.

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9,2} + 2$$

$$t_w = t'_w$$

$$b_f = \alpha \left[ t'_w + \frac{h'_w}{6,7} - 2 \right]$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9,2} - 2$$

donde:

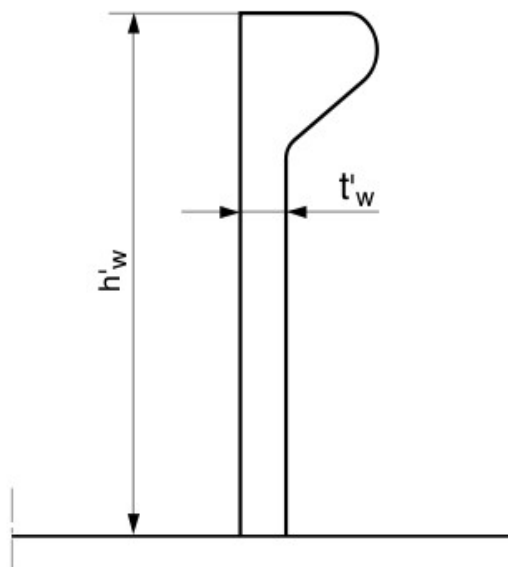
$h'_w$  ,  $t'_w$  : Son la altura y el espesor del perfil en llanta de bulbo como se puede ver en la Figura 1.

$\alpha$  : Coeficiente igual a:

$$1,1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000} \quad \text{para } h'_w \leq 120$$

$$1 \quad \text{para } h'_w > 120$$

**Figure 1: Dimensions of a bulb section**



Perfil del refuerzo secundario longitudinal elegido	HP 200 x 12	
w, módulo del perfil seleccionado	254,8917	cm <sup>3</sup>
A <sub>sh</sub> , (área a cortante neta mínima perfil seleccionado)	25,5000	cm <sup>2</sup>
t <sub>ml</sub> _Peso por metro lineal	0,0820	t/ml
sigma, tensión normal (YIELDING CHECK)	291,93	N/mm <sup>2</sup>
tau, tensión tangencial (YIELDING CHECK)	36,50	N/mm <sup>2</sup>
Posición Trailer sobre refuerzo secundario	Longitudinal	
huellas sobre el refuerzo secundario	2	
d_separación entre huellas	1	m
número de ejes actuando sobre el "ordinary stiffener"	2	
w <sub>min</sub> , módulo neto mínimo de los refuerzos	223,70	cm <sup>3</sup>
A <sub>sh_min</sub> (área a cortante neta mínima)	5,93	cm <sup>2</sup>
A, manga de la plancha de la cubierta asociada al refuerzo 2rio	0,6	m
e, espesor de la plancha asociada al refuerzo secundario	12,5	mm
F <sub>d</sub>	1	
Are the Longitudinal Ordinary Stiffeners Contributing to the Hull Girder Longitudinal Strength?	YES	
The longitudinal Stiffeners are subjected to...	Wheeled Loads	



### 8.3.3 Cubierta Principal

La cubierta principal se dedica al transporte de carga rodada debidamente trincada. Por estar tan cerca del eje neutro transversal, contribuye poco a la resistencia longitudinal del buque.

Los parámetros principales de la cubierta principal son:

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS CUBIERTA PRINCIPAL		
Separación entre bulárcamas	2800	mm
Separación entre esloras	3000	mm
Separación entre longitudinales	600	mm
Vano de Baos	18,32	m
Vano de Esloras	2,8	m

El espesor mínimo de la cubierta principal será según las recomendaciones de BV,  $e \geq 4,5 \text{ mm}$

Debido a las cargas dinámicas inducidas por los movimientos del buque, es necesario que la cubierta principal tenga un espesor en la zona media del buque de  $t = 13 \text{ mm}$ , incluyendo 0,5 mm de espesor por corrosión.

#### 8.3.3.1 Baos de la Cubierta Principal

Realizamos para escantillonar los baos, un modelo de viga con un coeficiente de empotramiento de 0,9, en los extremos, donde el módulo resistente mínimo se determina conociendo el momento máximo y la tensión máxima admisible.

Se supone una carga uniformemente distribuida sobre los baos de  $15,79 \text{ t/m}$ , que se obtiene de multiplicar la densidad superficial de carga,  $5,64 \text{ t/m}^2$ , por la separación entre baos,  $s$ .

Los baos tienen las siguientes características:

BAOS, REFUERZOS PRIMARIOS DE Cub. Ppal.			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	775	mm	ALTURA ALMA
t_w	30	mm	ESPESOR ALMA
b_f	450	mm	LONG ALA
t_f	45	mm	ESPESOR ALA
A_a	36199,68	mm <sup>2</sup>	PLANCHA ASOCIADA
w	19210,02	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	18464,19	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO

Siendo las tensiones normales máximas de Compresión y Tracción en la parte alta y baja del bao respectivamente:

Tensiones		
Grado empotramiento	0,9	
Momento max	463,76	t·m
Tensión Compresión	-151,89	N/mm <sup>2</sup>
Tensión Tracción	236,59	N/mm <sup>2</sup>
Tensión máxima admisible	246,15	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3.3.2 Esloras de la Cubierta Principal

Las esloras quedan se dimensionan por reglamento, aunque quedan escantillonadas por los baos ya que la estructura primaria se dispone en emparrillado. Para escantillonar las esloras de dicha cubierta realizamos un modelo de viga con un coeficiente de empotramiento de 0,9 en sus extremos, donde el módulo resistente mínimo se determina conociendo el momento máximo y la tensión máxima admisible.

Se supone una carga uniformemente distribuida sobre la eslora de  $16,92 \text{ t/m}$ , que se obtiene de



multiplicar la densidad superficial de carga,  $5,64 t/m^2$ , por la separación entre esloras,  $s$ .

Las esloras tienen las siguientes características:

ESLORAS, REFUERZOS LONGITUDINALES PRIMARIOS DE CUBIERTA PRINCIPAL			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	235	N/mm <sup>2</sup>	
$h_w$	775	mm	ALTURA ALMA
$t_w$	20	mm	ESPESOR ALMA
$b_f$	250	mm	LONG ALA
$t_f$	45	mm	ESPESOR ALA
$A_a$	38785,37	mm <sup>2</sup>	PLANCHA ASOCIADA
$w$	11447,66	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
$w_{min}$	592,47	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO

Siendo las tensiones normales máximas de Compresión y Tracción en la parte alta y baja del perfil respectivamente:

Tensiones		
Grado empotramiento	0,9	
Momento max	11,61	t·m
Tensión Compresión	-3,97	N/mm <sup>2</sup>
Tensión Tracción	9,94	N/mm <sup>2</sup>
Tensión máxima admisible	191,99	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3.3.3 Refuerzos Secundarios de la Cubierta Principal

La estructura secundaria de la cubierta principal es longitudinal formada por perfiles en llanta de bulbo. Para dimensionarlos utilizamos el modelo de viga análogo al utilizado en la estructura primaria de la cubierta.

Utilizamos para el escantillonado de los perfiles bulbo, el modelo equivalente en llanta en ángulo

según BV en su *Parte B Vol. 1 Chapter 4, Sec 3.1.3*.

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9,2} + 2 \quad t_w = t'_w$$

$$b_f = \alpha \left[ t'_w + \frac{h'_w}{6,7} - 2 \right] \quad t_f = \frac{h'_w}{9,2} - 2$$

donde:

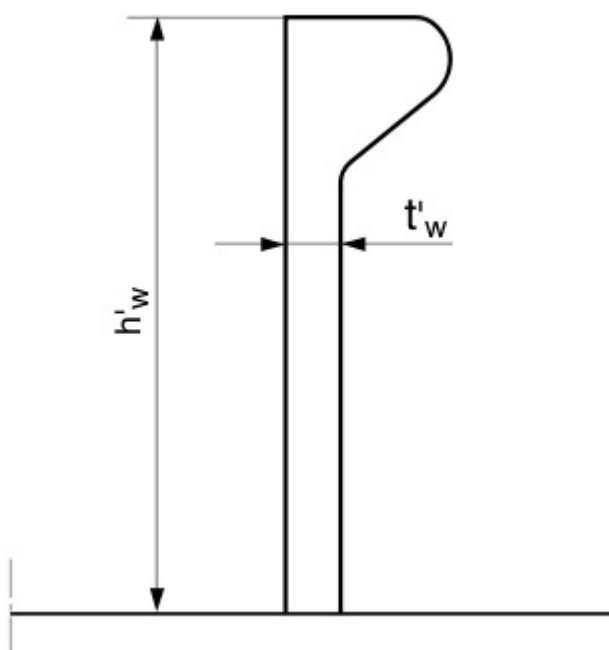
$h'_w$ ,  $t'_w$  : Son la altura y el espesor del perfil en llanta de bulbo como se puede ver en la Figura 1.

$\alpha$  : Coeficiente igual a:

$$1,1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000} \quad \text{para } h'_w \leq 120$$

$$1 \quad \text{para } h'_w > 120$$

**Figure 1: Dimensions of a bulb section**





Perfil del refuerzo secundario longitudinal elegido	HP 200 x 10	
w, módulo del perfil seleccionado	230,8835	cm <sup>3</sup>
A <sub>sh</sub> , (área a cortante neta mínima perfil seleccionado)	21,2500	cm <sup>2</sup>
t <sub>ml</sub> _Peso por metro lineal	0,0789	t/ml
sigma, tensión normal (YIELDING CHECK)	291,93	N/mm <sup>2</sup>
tau, tensión tangencial (YIELDING CHECK)	36,50	N/mm <sup>2</sup>
Posición Trailer sobre refuerzo secundario	Longitudinal	
huellas sobre el refuerzo secundario	2	
d_separación entre huellas	1	m
número de ejes actuando sobre el "ordinary stiffener"	2	
w <sub>min</sub> , módulo neto mínimo de los refuerzos	223,70	cm <sup>3</sup>
A <sub>sh_min</sub> (área a cortante neta mínima)	5,93	cm <sup>2</sup>
A, manga de la plancha de la cubierta asociada al refuerzo 2rio	0,6	m
e, espesor de la plancha asociada al refuerzo secundario	12,5	mm
F <sub>d</sub>	1	
Are the Longitudinal Ordinary Stiffeners Contributing to the Hull Girder Longitudinal Strength?	YES	
The longitudinal Stiffeners are subjected to...	Wheeled Loads	

### 8.3.4 Estructura del Fondo y del Doble Fondo

#### 8.3.4.1 Escantillones mínimos

El doble fondo está reforzado por vagras y varengas, las vagras están equiespaciadas cada 3000 mm mientras que las varengas, coincidiendo con las bulárcamas, lo están cada 2800mm.

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DOBLE FONDO		
Separación entre VARENGAS	2800	mm
Separación entre VAGRAS	3000	mm
Separación entre longitudinales techo y fondo (s)	600	mm

Vagras y varengas están formadas por perfiles armados en T, para dimensionarlas se tienen en cuenta las cargas estáticas y dinámicas de los tráileres por encima de la cubierta y el lastre

contenido en el doble fondo.

Baos del Doble Fondo			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	450	mm	ALTURA ALMA
t_w	8	mm	ESPESOR ALMA
b_f	150	mm	LONG ALA
t_f	10	mm	ESPESOR ALA
t_cubierta	13	mm	ESPESOR PLANCHA ASOCIADA
w_min	1032	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
w	1128	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE

Según el reglamento de BV, el espesor mínimo del techo del DF no puede ser menor a:

$$t_{DF} \geq 3 + 0,024 \cdot L \cdot k^{0,5} + 4,5 \cdot s = 10,23$$

Dada la carga dinámica de los tráileres y el tamaño del panel secundario (2800x600mm), la cubierta de techo del DF tendrá un espesor de 13 mm, con las adiciones por corrosión.

Las características de las varengas se listan a continuación.

Varengas del Fondo			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	480	mm	ALTURA ALMA
t_w	8	mm	ESPESOR ALMA
b_f	150	mm	LONG ALA
t_f	10	mm	ESPESOR ALA
t_cubierta	13	mm	ESPESOR PLANCHA ASOCIADA
w_min	1061	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
w	1133	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE



### 8.3.4.2 Vagras

Las vagras han sido calculadas directamente con el programa Mars 2000 con el resto de estructura longitudinal, se construyen con T's armadas de las siguientes características.

VAGRAS DEL DOBLE FONDO			
TIPO	PERFIL T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	450	mm	ALTURA ALMA
t_w	8	mm	ESPEJOR ALMA
b_f	100	mm	LONG ALA
t_f	10	mm	ESPEJOR ALA
A_a	39000	mm <sup>2</sup>	PLANCHA ASOCIADA
w	976,27	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	462,12	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
Peso específico	0,34	t/m	
Espesor cubierta asociada	13	mm	
Espesor chapa fondo	13	mm	

### 8.3.4.3 Refuerzos secundarios del techo del doble fondo

REFUERZOS LONGITUDINALES SECUNDARIOS DE TECHO DE DF			
TIPO	BULBO		
Límite Elástico	235	N/mm <sup>2</sup>	
h'_w	200	mm	ALTURA ALMA
t'_w	10	mm	ESPEJOR ALMA
A_a	7800	mm <sup>2</sup>	SECCIÓN PLANCHA ASOCIADA
w	391,53	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	296,23	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
Espesor chapa asociada	13	mm	



#### 8.3.4.4 Refuerzos secundarios del fondo

Para reforzar las tracas de fondo, se han dispuesto longitudinalmente perfiles en llanta de bulbo, separados 600 mm entre sí. Para chequear que el escantillonado es correcto, se realiza un modelo de viga empotrada-empotrada en las varengas, en un 90% contabilizando la plancha asociada al mismo. Las características del perfil pueden verse en la tabla siguiente.

Las cargas en el fondo son las derivadas de la presión hidrostática del agua de mar al calado correspondiente y la presión en los tanques del doble fondo.

Como primera aproximación vamos a contemplar tan solo la presión hidrostática, ésta es,

$$p = \rho \cdot g \cdot T_1 = 63,15 \text{ kNm}^{-2}, (T_1 \text{ calado de escantillonado}).$$

REFUERZOS LONGITUDINALES SECUNDARIOS DEL FONDO			
TIPO	BULBO		
Límite Elástico	235	N/mm <sup>2</sup>	
h'_w	250	mm	ALTURA ALMA
t'_w	15	mm	ESPESOR ALMA
A_a	7800	mm <sup>2</sup>	SECCIÓN PLANCHA ASOCIADA
w	955,10	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE
w_min	135,30	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
Espesor chapa asociada	13	mm	

#### 8.3.5 Pantoque

El espesor neto mínimo de las tracas del pantoque reforzado transversalmente no será menor que el mayor de los espesores de las tracas adyacentes, ya sean las de costado o las de fondo.

En este caso el espesor será de 13 mm contabilizadas las adiciones por corrosión.

#### 8.3.6 Bulárcamas

Las bulárcamas están espaciadas 2800mm, su misión es soportar las cargas en el costado del buque inducidas por la presión hidrostática y presiones dinámicas debidas a las olas, así como



soportar los baos.

El dimensionado de éstas se ha realizado partiendo de un modelo de viga según las recomendaciones de BV al que se le aplican las cargas del mar sobre la plancha asociada y axilmente, las cargas que soporta de las cubiertas a través de los baos.

Las características de las Bulárcamas es la siguiente:

Características Bulárcamas		
s	2800	mm
entre C.Ppal y C.Expuesta		
l	5640	mm
entre DF y C.Ppal		
l	5940	mm

Para la bulárcama entre cubierta principal y cubierta expuesta se dispone una T armada de las siguientes características.

Bulárcama entre C.Ppal y C.Expuesta			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	450	mm	ALTURA ALMA
t_w	8	mm	ESPEJOR ALMA
b_f	150	mm	LONG ALA
t_f	10	mm	ESPEJOR ALA
t_forro	10	mm	ESPEJOR PLANCHA ASOCIADA
w_min	785	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
w	942	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE

Entre el Doble Fondo y la cubierta principal disponemos del mamparo longitudinal continuo, cuyos refuerzos principales verticales coinciden con la posición longitudinal de las bulárcamas. Éstos refuerzos serán colaboradores con la transmisión de las cargas axiales de la cubierta principal, descargando así a la propia bulárcama.

Las características de la bulárcama son las siguientes.



Bulárcama entre DF y C.Ppal			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	600	mm	ALTURA ALMA
t_w	12	mm	ESPESOR ALMA
b_f	225	mm	LONG ALA
t_f	12	mm	ESPESOR ALA
t_forro	10	mm	ESPESOR PLANCHA ASOCIADA
w_min	2287	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
w	2610	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE

Características del refuerzo vertical primario del mamparo longitudinal.

Rfzo. Primario Mro. Long.			
TIPO	PERFIL EN T		
Límite Elástico	315	N/mm <sup>2</sup>	
h_w	480	mm	ALTURA ALMA
t_w	11	mm	ESPESOR ALMA
b_f	150	mm	LONG ALA
t_f	10	mm	ESPESOR ALA
t_mro	8	mm	ESPESOR PLANCHA ASOCIADA
w_min	1252	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO
w	1397	cm <sup>3</sup>	MÓDULO RESISTENTE

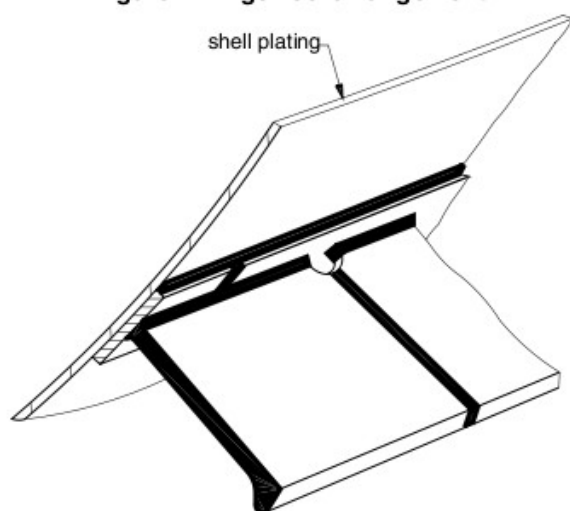
En el pantoque las bulárcamas se han chequeado con una T armada de 600x12-225x12 como continuación de la bulárcama en el costado entre el doble fondo y la cubierta principal, pero como en esa zona también muere el bao del doble fondo y es una zona relativamente pequeña, se dispondrá una plancha de 12mm aligerada, con su brazola de 225mm, respetando la altura del alma mínima necesaria en cada tramo.



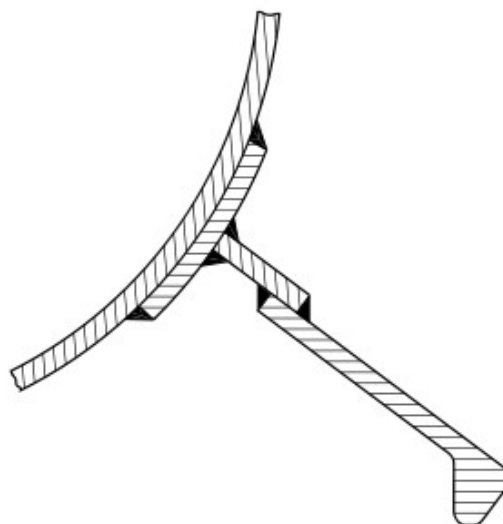
## 8.4 Quilla de Balance

La quilla de balance situada en el pantoque, se suelda sobre otra pletina de espesor el de la traca de pantoque. La propia quilla consiste en un perfil en llanta de bulbo de 300x13 mm. En la siguiente imagen puede verse el detalle constructivo del mismo. Los extremos de ésta terminarán en refuerzos transversales o bulárcamas del pantoque y con un despunte de 15°.

**Figure 2: Bilge keel arrangement**



**Figure 3: Bilge keel arrangement**





## 9 Bibliografía

1. **Rules for the Classification of Steel Ships** (Ed. 2008) Reglamento de la sociedad de clasificación Bureau Veritas para buques de acero.
2. **Proyecto Básico del Buque Mercante**. D. Ricardo Alvariño, D. Juan José Azpíroz, D. Manuel Meizoso. Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales.



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 10: Resistencia Estructural

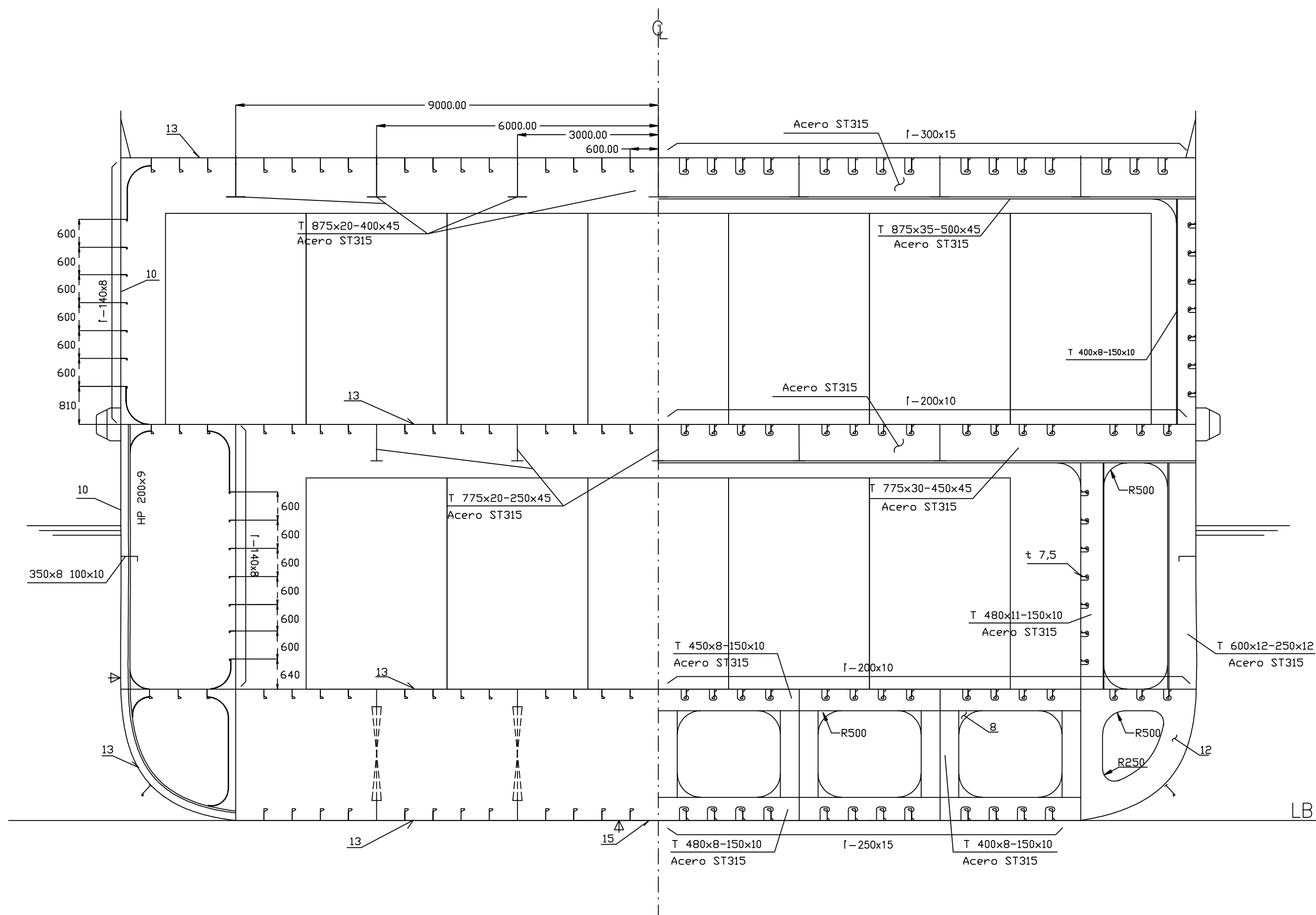


Proyecto nº10 2008-2009

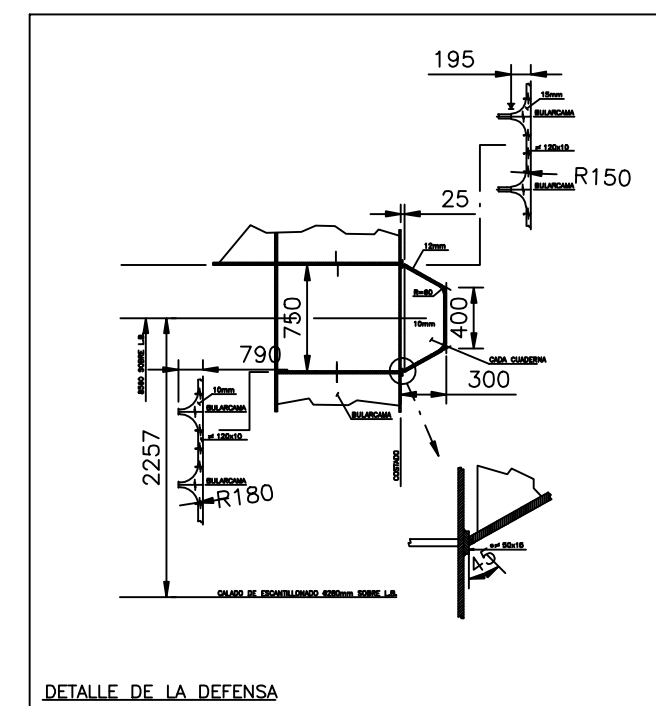


## 10 Anexos

1. Plano de la Cuaderna Maestra Din A3



Seccion Por Cuaderna Maestra (CNA 85)  
Mirando hacia Proa




PROYECTO Nº10 CON/RO 1400ML

PLANO DE LA CUADERNA MAESTRA 1:75

TUTOR: D. SEBASTIÁN ABRIL PÉREZ

MATIAS BARTOLOME Y BORJA AGUILÓ

CAPACIDAD 1400ML DE TRÁILERES 500 TEUS	
DESPLAZAMIENTO	15373 T
LPP	170.14M
MANBA	22.90M
GALADO	6.18M
PUNTAL GOTA. EXPUESTA	14.14M
CS	0.61
AUTONOMIA	8000 NM



Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Navales

NOTA: Acero ST255 salvo donde se indique lo contrario.

UPM-ETSIN



# Pesos y Centro de Gravedad del Buque en Rosca

---

PFC nº 10 – Cuaderno 11

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1.Introducción.....	3
2.Peso de la Estructura (Acero).....	4
2.1 Peso de Acero Continuo.....	4
2.1.1 Peso Longitudinal Unitario de la Maestra.....	7
2.1.2 Peso Transversal Unitario de la Maestra.....	9
2.1.3 Peso Longitudinal Continuo.....	10
2.1.4 Peso Transversal Continuo.....	11
2.1.5 Distribución del Peso de Acero Continuo.....	12
2.2 Peso de Acero Local.....	12
2.3 Peso del Acero de la Superestructura.....	13
2.4 Peso del error de laminación, peso soldadura y margen de error.....	13
2.5 Peso total de Acero.....	13
.....	14
3.Peso del Equipo y la Habilitación.....	15
3.1 Peso de la Protección Anticorrosión.....	15
3.2 Peso del Equipo de Fondeo y Amarre.....	15
3.3 Peso del Equipo de Navegación.....	15
3.4 Peso del Equipo de Gobierno.....	15
3.5 Peso de los Equipos de Salvamento y Contraincendios.....	15
3.6 Peso del equipo de Carga y de Manipulación de la Carga.....	16
3.7 Peso del Equipo de Acondicionamiento de Bodegas.....	16
3.8 Peso de los Cierres diversos y Accesos.....	16
3.8.1 Cierres de Escotillas de Carga de Intemperie.....	16
3.8.2 Peso de Puertas de Acero.....	17
3.8.3 Peso de Portillos y Ventanas.....	17
3.8.4 Peso de Escaleras Exteriores.....	17
3.8.5 Peso Escala Real y Planchada.....	17
3.9 Peso de la Habilitación.....	17
3.10 Margen Maquinaria, Equipo y Habilitación.....	18
4.Peso y CDG de la Maquinaria.....	19
4.1 Peso de la Maquinaria Propulsora.....	19
4.2 Peso de la Maquinaria Restante.....	20
5.Obtención del Peso en Rosca y CDG del Buque en Rosca.....	21
6.Distribución del Peso en Rosca.....	24
En la siguiente imagen puede apreciarse la distribución del peso en rosca así como la distribución de momentos y cortantes en esa condición.....	24
.....	24
7.Bibliografía.....	26



## 1. Introducción.

En este Cuaderno se calcula el peso en rosca del buque proyecto y su distribución a lo largo de la eslora, así como la posición del Centro de Gravedad (CDG) del mismo.

El buen cálculo del peso en rosca en las primeras etapas del proyecto es clave para el desarrollo del proyecto y a lo largo de éste suele chequearse periódicamente para cerciorarse de que se va por buen camino. Un cálculo errado por defecto, puede conducirnos a problemas de poca PM (poca capacidad de carga), calados excesivos, trimados y escoras inaceptables, velocidad o consumo inadecuado, etc, que incluso pueden llevar al Armador a rechazar el buque por no cumplir las especificaciones de contrato.

Así, cabe ser lo más preciso posible en este aspecto, empezando por una buena base de datos de buques similares (fabricados en astilleros de similar capacidad tecnológica) y un buen control durante toda la vida del proyecto.

El peso en rosca se define como el peso del buque en cuanto está listo para navegar, excluyendo: carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.

Puede subdividirse en tres partidas principales que son,

- Peso de la Estructura (PS)
- Peso de la Maquinaria (PQ)
- Peso del Equipo y la Habilitación (PE)

$$P_{Rosca} = PS + PQ + PE$$

El peso en rosca puede calcularse por tres métodos distintos principalmente, el uso de uno u otro depende del grado de avance del proyecto del buque, estos son:

**Método 1**, Dimensiones Principales, este método suele ser utilizado en estadios muy tempranos del proyecto del buque.

**Método 2**, Por superficies, puede utilizarse en un estadio medio, cuando se conoce la disposición



general del buque con sus mamparos, cubiertas, superestructuras, etc.

**Método 3**, Módulo resistente de la maestra, este puede utilizarse cuando se conocen la disposición de la Cuaderna Maestra y la resistencia longitudinal.

En este cuaderno se recurrirá al 3er método, ya que se ha realizado el estudio de la resistencia estructural y conocemos la disposición de la cuaderna maestra, para la aplicación de éste utilizaremos el método de Aldwinckle.

## 2. Peso de la Estructura (Acero).

En esta partida contemplamos el peso de la estructura del buque, en este caso, realizada en acero. A su vez vamos a descomponerla en Peso de Acero Continuo, Peso de Mamparos y Peso de Superestructuras.

### 2.1 Peso de Acero Continuo.

De los diferentes métodos existentes para el cálculo del peso de acero continuo de un buque, se ha optado por el método de Adwinckle. Dicho método se describe en el libro de la referencia [2].

Este método se basa en el escantillonado de la cuaderna maestra, de la que se dispone el peso longitudinal y transversal específico. Asimismo la ordenada del centro de gravedad de la maestra coincide con el eje neutro de la misma, así que es también conocido.

Una vez calculados los pesos longitudinal y transversal unitarios, puede calcularse la distribución de éstos a lo largo de la eslora del buque. A tal efecto se seleccionan un número de secciones equiespaciadas (21 en esta caso) que caracterizan el buque y de las que se calcula su peso unitario en base al de la maestra.

Para el cálculo del peso longitudinal continuo se calcula el producto entre la relación de los perímetros de la sección en cuestión frente a la maestra por el peso unitario de la cuaderna maestra.

$$\omega_i = \left( \frac{p_i}{p_m} \right)^{m_i} \cdot \omega_m$$

donde





- $\omega_i$  peso unitario de la sección 'i'
- $\omega_m$  peso unitario de la cuaderna maestra
- $p_i$  perímetro de la sección 'i'
- $p_m$  perímetro de la cuaderna maestra
- $m_i$  es un coeficiente definido por Lloyd's Register dependiente de la posición de la sección 'i' y el tipo de buque considerado.

El cálculo de la distribución del peso transversal continuo es análogo, solo que se calcula el producto del cociente entre el área de la sección en estudio y la de la maestra y el peso específico de la maestra, esto es:

$$\omega_i = \left( \frac{A_i}{A_m} \right)^{p_i} \cdot \omega_m$$

donde

- $\omega_i$  peso unitario de la sección 'i'
- $\omega_m$  peso unitario de la cuaderna maestra
- $A_i$  perímetro de la sección 'i'
- $A_m$  perímetro de la cuaderna maestra
- $p_i$  es un coeficiente definido por Lloyd's Register dependiente de la posición de la sección 'i' y el tipo de buque considerado.

Componiendo las distribuciones anteriores obtenemos la curva de acero continuo del buque, definida con tantos puntos como secciones del buque se hayan considerado. La integración de esta curva da el peso total del acero continuo.

Para obtener la abscisa del CDG del acero continuo se toman momentos respecto a un punto determinado, la perpendicular de popa por ejemplo, para cada una de las secciones y se divide la suma de éstas, respecto al peso total del buque.



$$X_{CDG} = \frac{\sum (X_i \cdot (\omega_i \cdot \Delta x))}{\sum (\omega_i \cdot \Delta x)}$$

La ordenada del CDG se calculará de manera análoga estimando previamente su posición en cada una de las secciones contempladas.



## 2.1.1 Peso Longitudinal Unitario de la Maestra.

	ELEMENTOS	ESPEJOR (mm)	TIPO PERFIL	No.	SECCIÓN (cm²)	Zg (m)	PESO (t/m)	ALTURA R. LB (m)	Zg · PESO (tm)
CUBIERTA EXPUESTA									
	CUBIERTA	13			2977	14,13	2,27	14,14	32,06
	ESLORAS		T	7	355	13,27	1,89		25,12
	LONGITUDINALES		Bulbo	30	45	13,79	1,03		14,18
CUBIERTA PRINCIPAL									
	CUBIERTA	13			2977	8,49	2,27	8,5	19,26
	ESLORAS		T	5	267,5	7,74	1,02		7,89
	LONGITUDINALES		Bulbo	30	20	8,2	0,46		3,75
MAMPARO LONGITUDINAL									
	MAMPARO	8		2	474,16	5,52	0,72	8,49	3,99
	LONGITUDINALES		Bulbo	14	11,2	2,46	0,12		0,29
DOBLE FONDO									
	CUBIERTA	13			2977	2,55	2,27	2,86	5,79
	ESLORAS			7	46	1,99	0,25		0,49
	LONGITUDINALES DF		Bulbo	30	20	2,26	0,46		1,03
	LONGITUDINALES VAGRAS		Bulbo	21	7,5	0,98	0,12		0,12
FONDO									
	TRACA QUILLA	15			247,5	0,01	0,19	0,02	0,00
	TRACA DE APARADURA	13			2125,5	0,01	1,62	0,01	0,01
	VAGRAS			7	46	0,28	0,25		0,07



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 1: Memoria explicativa del tipo de buque y misión a la que se destina

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009



	ELEMENTOS	ESPESOR (mm)	TIPO PERFIL	No.	SECCIÓN (cm²)	Zg (m)	PESO (t/m)	ALTURA R. LB (m)	Zg · PESO (tm)
	LONGITUDINALES		Bulbo	24	37,5	0,13	0,69		0,09
PANTOQUE									
	TRACA DE PANTOQUE			2	510,51	0,5	0,78		0,39
COSTADO									
	COSTADO	10		2	1158	8,5	1,76		15,00
	LONGITUDINALES		Bulbo	14	11,2	11,32	0,12		1,35
<b>Densidad</b>					<b>TOTAL</b>		<b>PESO (t/m)</b>	<b>Zg (m)</b>	<b>Zg · PESO (tm)</b>
<b>7,85 t/m³</b>							<b>18,27</b>	<b>6,90</b>	<b>126,06</b>



## 2.1.2 Peso Transversal Unitario de la Maestra.

	ELEMENTOS	ESPESOR (mm)	TIPO PERFIL	No.	SECCIÓN (cm²)	Zg (m)	PESO (t/m)	ALTURA R. LB (m)	Zg · PESO (tm)
CUBIERTA EXPUESTA									
	BAOS		T		531,25	13,31	3,31	14,14	44,05
CUBIERTA PRINCIPAL									
	BAOS		T		435	7,72	2,71	8,5	20,93
MAMPARO LONGITUDINAL									
	RFZO. PPAL MRO		T	2	67,8	5,14	0,20		1,05
DOBLE FONDO									
	BAOS		T	2	51	2,07	0,64		1,31
	REF. VERT. VARENGAS		T	14	47	1,21	0,33		0,40
FONDO									
	VARENGAS		T	2	53,4	0,31	0,52	2,86	0,16
PANTOQUE									
	BULÁRCAMA		T	2	99	1,08	0,31		0,34
COSTADO									
	BULARCAMA cb.ppal-exp		T	2	51	6,63	0,13		0,88
	BULARCAMA df-cb.ppal		T	2	99	3,71	0,28		1,03
<b>Densidad</b>					<b>TOTAL</b>		<b>PESO (t/m)</b>	<b>Zg (m)</b>	<b>Zg · PESO (tm)</b>
<b>7,85 t/m³</b>							<b>8,44</b>	<b>8,32</b>	<b>70,15</b>



### 2.1.3 Peso Longitudinal Continuo.

SECCIÓN	X (m)	Pi (m)	Pm (m)	Pi/Pm	m	Wm (t/m)	Wi (t/m)	f simpson	f·Wi·Dx	f·Wi
0	8,32	37,60	48,97	0,77	2,4	18,27	9,69	1	80,59	9,69
1	16,64	43	48,97	0,88	3,25	18,27	11,97	4	796,71	47,88
2	24,96	43,68	48,97	0,89	3,2	18,27	12,67	2	632,54	25,34
3	33,28	43,01	48,97	0,88	2,92	18,27	12,51	4	1664,94	50,03
4	41,6	43,47	48,97	0,89	2,67	18,27	13,29	2	1105,37	26,57
5	49,92	44,26	48,97	0,90	2,4	18,27	14,33	4	2861,39	57,32
6	58,24	45,17	48,97	0,92	2,12	18,27	15,39	2	1792,82	30,78
7	66,56	48,31	48,97	0,99	1,84	18,27	17,81	4	4742,89	71,26
8	74,88	48,98	48,97	1,00	1,57	18,27	18,27	2	2736,63	36,55
9	83,2	50,81	48,97	1,04	1,25	18,27	19,13	4	6365,43	76,51
10	91,52	51,7	48,97	1,06	1	18,27	19,28	2	3529,84	38,57
11	99,84	50,58	48,97	1,03	1,11	18,27	18,93	4	7561,10	75,73
12	108,16	49,51	48,97	1,01	1,25	18,27	18,52	2	4005,78	37,04
13	116,48	48,00	48,97	0,98	1,35	18,27	17,78	4	8283,63	71,12
14	124,8	46,32	48,97	0,95	1,55	18,27	16,75	2	4182,04	33,51
15	133,12	44,53	48,97	0,91	1,9	18,27	15,24	4	8117,27	60,98
16	141,44	42,97	48,97	0,88	2,23	18,27	13,64	2	3859,77	27,29
17	149,76	41,15	48,97	0,84	2,5	18,27	11,82	4	7082,89	47,29
18	158,08	38,91	48,97	0,79	3,07	18,27	9,02	2	2851,13	18,04
19	166,4	38,74	48,97	0,79	3,85	18,27	7,41	4	4931,79	29,64
20	174,72	33,31	48,97	0,68	3,15	18,27	5,43	1	948,30	5,43
									78132,86	876,55
<b>Xcdg =</b>	<b>89,14</b>	<b>m</b>								
<b>Peso Acero Longitudinal</b>	<b>2430,96</b>	<b>t</b>								



## 2.1.4 Peso Transversal Continuo.

SECCIÓN	X (m)	Ai (m²)	Am (m²)	Ai/Am	p	Wm (t/m)	Wi (t)	f simpson	f·Wi·Dx	f·Wi
0	8,32	194,16	320,47	0,61	0,5	8,44	6,57	1	54,63	6,57
1	16,64	208,03	320,47	0,65	0,65	8,44	6,37	4	423,98	25,48
2	24,96	227,42	320,47	0,71	0,78	8,44	6,46	2	322,26	12,91
3	33,28	252,18	320,47	0,79	0,87	8,44	6,85	4	911,59	27,39
4	41,6	277,71	320,47	0,87	0,94	8,44	7,37	2	613,45	14,75
5	49,92	298,37	320,47	0,93	0,99	8,44	7,86	4	1569,38	31,44
6	58,24	311,36	320,47	0,97	1	8,44	8,20	2	954,64	16,39
7	66,56	317,67	320,47	0,99	1	8,44	8,36	4	2226,24	33,45
8	74,88	319,94	320,47	1,00	1	8,44	8,42	2	1261,22	16,84
9	83,2	320,49	320,47	1,00	1	8,44	8,44	4	2807,53	33,74
10	91,52	319,87	320,47	1,00	1	8,44	8,42	2	1541,16	16,84
11	99,84	317,31	320,47	0,99	1	8,44	8,35	4	3335,62	33,41
12	108,16	311,91	320,47	0,97	1	8,44	8,21	2	1776,02	16,42
13	116,48	303,05	320,47	0,95	1	8,44	7,98	4	3716,64	31,91
14	124,8	290,34	320,47	0,91	1	8,44	7,64	2	1907,55	15,28
15	133,12	273,98	320,47	0,85	0,98	8,44	7,23	4	3852,27	28,94
16	141,44	253,26	320,47	0,79	0,94	8,44	6,76	2	1912,60	13,52
17	149,76	225,66	320,47	0,70	0,87	8,44	6,22	4	3724,18	24,87
18	158,08	196,70	320,47	0,61	0,78	8,44	5,76	2	1822,53	11,53
19	166,4	144,84	320,47	0,45	0,65	8,44	5,03	4	3350,74	20,14
20	174,72	61,15	320,47	0,19	0,5	8,44	3,68	1	643,80	3,68
									38728,01	435,50
<b>Xcdg =</b>	<b>88,93</b>	<b>m</b>								
<b>Peso Acero Transversal</b>	<b>1207,79</b>	<b>t</b>								



## 2.1.5 Distribución del Peso de Acero Continuo.

El peso de Acero continuo una vez integrado por la regla de Simpson es de 3638,75 toneladas con su centro de gravedad en  $(85.07, 0, 7.35)$  metros respecto a la perpendicular de popa y línea base.

## 2.2 Peso de Acero Local

En esta partida se ha contemplado el peso del acero no distribuido continuamente a lo largo de la eslora como son los mamparos.

El peso de los mismos y sus centros de gravedad respecto al espejo de popa son los recogidos en la tabla siguiente.

MAMPARO	AREA	X	Y	Z	PESO (t)
Pique popa	63,62	8,04	0	6,85	4,99
Mro 25	89,53	22,03	0	6,37	7,03
Mro 40	119,76	32,53	0	5,70	9,40
Mro Rasel PP	36,62	34,63	0	3,19	2,72
Mro PP CCMM	141,54	39,53	0	5,27	11,11
Mro PR CCMM	187,03	65,43	0	4,41	14,68
Mro 225	52,84	162,03	0	5,52	4,15
Mro Pique PR	103,09	168,17	0	9,73	8,09
Mro 105	35,79	78,03	0	4,56	2,81
Mro 125	35,47	92,03	0	4,59	2,78
Mro 145	31,24	106,03	0	4,95	2,45
Mro 165	24,60	120,03	0	5,73	1,93
Mro 185	22,11	134,04	0	6,59	1,74
Mro 205	24,37	148,04	0	6,91	1,91
<b>Respecto al espejo de popa</b>	<b>967,60</b>	<b>72,70</b>	<b>0</b>	<b>5,80</b>	<b>75,80</b>
<b>Respecto a la Ppp</b>	<b>967,60</b>	<b>68,17</b>	<b>0</b>	<b>5,80</b>	<b>75,80</b>





### 2.3 Peso del Acero de la Superestructura.

Para el peso de la Superestructura se ha considerado un 9% del peso del casco aproximadamente dada su extensión a lo largo de la eslora.

$$P_{superestructura} = 385,71 t$$

### 2.4 Peso del error de laminación, peso soldadura y margen de error

Se ha considerado que el error de laminación (2-3%) y el peso de cordón de soldadura (2-3%) así como el margen de error (5%), repercute en un 7% aproximadamente del peso de acero, ello supone,

$$P_{soldadura, laminación y margen} = 326,8 t$$

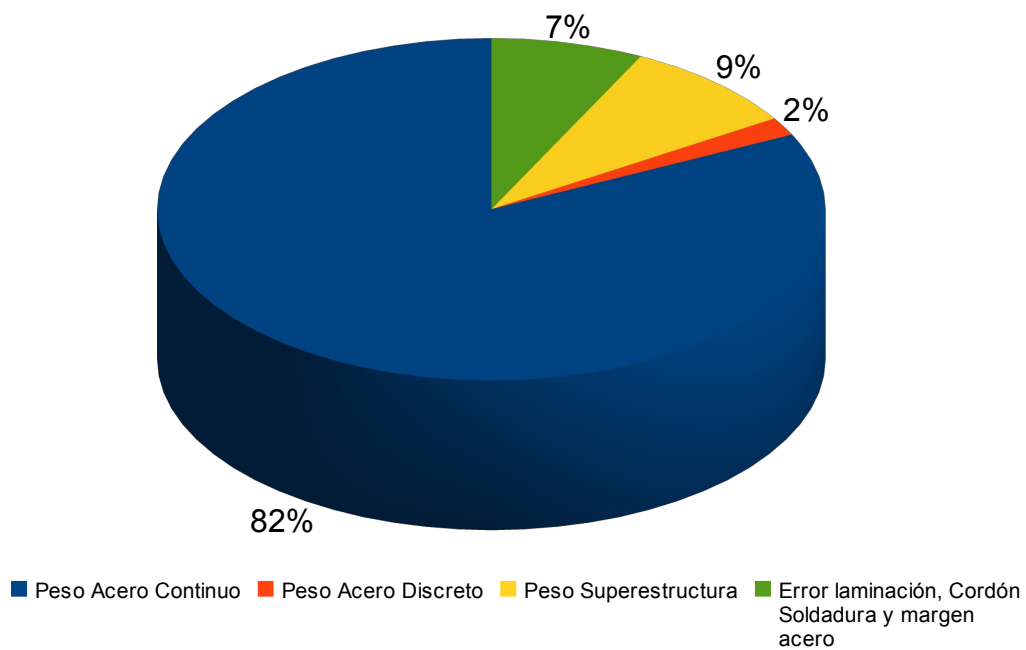
### 2.5 Peso total de Acero.

El peso total del Acero del buque está formado por el Peso del Acero Continuo, del Acero Local y del Peso de la Superestructura, esto hace un peso total de 4568 toneladas de acero.

	Peso Acero (t)	Xg	Yg	Zg
Continuo	3638,75	85,07	0	7,35
Local	75,80	68,17	0	5,8
Superestructura	385,71	145	0	24
Error laminación, Cordón Soldadura y margen acero	326,88	125	0	13
<b>Acero total</b>	<b>4427,13</b>	<b>92,95</b>	<b>0</b>	<b>9,2</b>



### Distribución del Peso de Acero





### 3. Peso del Equipo y la Habilitación.

#### 3.1 Peso de la Protección Anticorrosión

El peso de la protección anticorrosión se subdivide en el peso de la pintura del casco y la protección catódica. Para buques de peso de acero situado entre las 2000t y las 12000t, como es el caso del buque proyecto, podemos encontrar en la referencia [2] la siguiente expresión.

$$P_i = 0,0063 \cdot P_{\text{acero}} = 23,4 t$$

Para el peso de la protección Catódica se tendrán en cuenta el material de los ánodos de sacrificio, la superficie mojada a proteger y los años de vida de los ánodos. Se han considerado ánodos de magnesio y una protección mínima de 4 años para renovar los ánodos en las revisiones periódicas del buque, con todo ello tenemos.

$$P_{cc} = 0,004 \cdot S_m \cdot a \cdot y = 4,42 t$$

#### 3.2 Peso del Equipo de Fondeo y Amarre

Para la determinación del peso del Equipo de Fondeo y Amarre, recurrimos al numeral del equipo, y siguiendo las recomendaciones de la referencia [2], entrando con este valor en la tabla 2.26 en la curva superior determinamos un peso de 152,5t.

#### 3.3 Peso del Equipo de Navegación

Se toma un valor intermedio de 10 toneladas ya que se recomienda que esté entre 2 y 20 toneladas, siendo el equipo de navegación un sistema muy dependiente de la calidad y cantidad de las ayudas a la misma.

#### 3.4 Peso del Equipo de Gobierno

Se calcula conocida el área de los timones y la velocidad en pruebas y en servicio.

$$P_{e.gobierno} = (0,0224 \cdot A_{timon} \cdot v^{2/3} + 2) \cdot 2_{timones} = 10,02 t$$

#### 3.5 Peso de los Equipos de Salvamento y Contra incendios

El peso del Equipo de Salvamento, se calcula a partir del número de personas en el buque.



$$PL = 9,5 + (n - 35) \cdot 0,1$$

siendo  $n$  el número de personas (pasajeros + tripulantes) en el buque o 35, el que sea mayor. Si los botes salvavidas son cerrados se incrementará el peso en 3,5t.

$$PL = 9,5 + 3,5 = 13t$$

El peso del Equipo Contraincendios se dimensiona a partir del volumen de la CCMM (VE) o el de la Bodega Mayor (VBM) con sistema de CI, cualquiera que sea mayor, en nuestro caso, lo dimensiona el garaje en cubierta principal.

$$PI = 0,0025 \cdot VBM = 51,15 t$$

### 3.6 Peso del equipo de Carga y de Manipulación de la Carga

El peso de la Jarcia de Labor,  $P_j$ , para cada grupo de plumas se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$P_j = 0,008 \cdot \left( \sum SWL \right)^2 + 5 \cdot n + 10$$

donde

- $n$  es el número de plumas por palo
- $SWL$  carga de trabajo por cada pluma

$$P_j = 0,008 \cdot 3^2 + 5 \cdot 1 + 10 = 15,1 t$$

### 3.7 Peso del Equipo de Acondicionamiento de Bodegas

Para Bodegas de Ventilación Forzada como es el caso, calculamos el peso mediante,

$$PV_i = 0,35 \cdot nV_i + 0,00034 \cdot V_i + 0,0034 \cdot D \cdot (V_i \cdot nV_i)^{0,5} = 17,78 t$$

### 3.8 Peso de los Cierres diversos y Accesos.

#### 3.8.1 Cierres de Escotillas de Carga de Intemperie.

$$PH = \sum AH \cdot (0,595 \cdot b^2 + 120) / 1000$$

- $b$  manga del hueco de la escotilla
- $AH$  área de los huecos libres de cada tipo



Utilizamos un factores corrector para las rampas de acceso entre cubiertas y a bodega principal de 5% para rampas basculantes y 6% para rampas multiplegables e hidráulicas como son las que dan acceso al buque por popa.

El peso de las tapas estancas a la intemperie de las rampas es de  $30,76 t$ , siendo  $AH = 116,85 m^2$  y  $b = 3m$ .

El peso de los portones de Popa es de  $92,01 t$ , siendo  $AH = 70,70 m^2$  para el pequeño y  $AH = 154,86 m^2$  para el grande y  $b = 21,097 m$ .

### 3.8.2 Peso de Puertas de Acero

$$P_{puertas\ acero} = 0,56 \cdot (NH + 1) + 0,28 \cdot NC = 2,52 t$$

Siendo  $NH$  el número de cubiertas de habitación, en este caso 3, y  $NC$  número de casetas de chigres o frigorígenos, 1.

### 3.8.3 Peso de Portillos y Ventanas

$$P_{portillos\ ventanas} = 0,12 \cdot n = 3t$$

Siendo  $n$  el número de tripulantes, 25.

### 3.8.4 Peso de Escaleras Exteriores

$$P_{escaleras\ exteriores} = 0,8 \cdot NH + 0,6 = 3t$$

Siendo  $NH$  el número de cubiertas de habitación, en este caso 3.

### 3.8.5 Peso Escala Real y Planchada

$$P_{escala\ real} = 0,15 \cdot ES = 2,4 t$$

Donde  $ES$  es la longitud de la escala real, en nuestro caso son 8m y dos escalas reales.

## 3.9 Peso de la Habitación

Se calcula a partir del área de la habitación  $AA$  que en nuestro caso es  $813 m^2$  aproximadamente.

$$P_{habitación} = 0,16 \cdot AA = 130,11 t$$



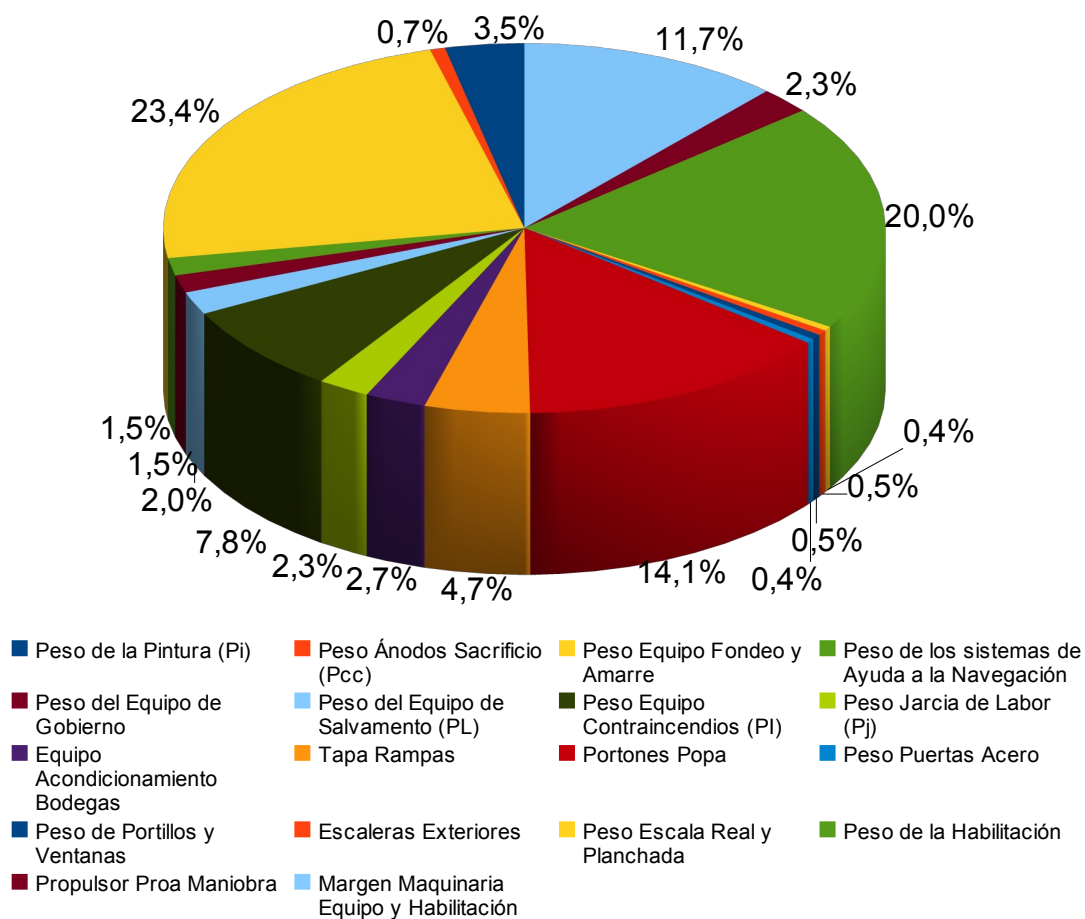
### 3.10 Margen Maquinaria, Equipo y Habilidad

El margen en la partida de Maquinaria y Equipo y Habilidad se considera de un 3 a un 5% del peso de acero.

En la siguiente tabla se resume el peso total del Equipo y la Habilidad y su CDG.

	Peso (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
<b>Equipo y Habilidad</b>	<b>652,13</b>	<b>112,90</b>	<b>0</b>	<b>15,69</b>

Distribución del Peso de Habilidad





## 4. Peso y CDG de la Maquinaria.

El peso de la maquinaria,  $PQ$ , suele descomponerse en el peso de la maquinaria propulsora  $PQP$ , y en el peso restante,  $PQR$ . Y a su vez suele descomponerse el peso de la maquinaria propulsora,  $PQP$ , en el propio peso del motor,  $QP$ , y el peso restante de la maquinaria propulsora,  $RP$ .

$$\begin{aligned} PQ &= PQP + PQR \\ PQP &= QP + RP \end{aligned}$$

### 4.1 Peso de la Maquinaria Propulsora.

Para motores diésel semirápidos (y lentos) Lloyd's Register dispone de unos coeficientes e índices de regresión, determinamos el peso  $PQP$  a partir de éstos.

Peso de los Motores Principales,  $QP$ ,

$$QP = a \cdot \left( \frac{BHP}{rpm} \right)^b, \text{ en nuestro caso como disponemos ya del motor y sus características}$$

disponemos del peso que proporciona el fabricante.

$$QP = 31,9 t$$

El peso de la maquinaria propulsora restante,  $RP$ , si que lo determinaremos a partir de la expresión,

$$RP = c \cdot BHP^d$$

Los valores de los coeficientes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  vienen dados en función del tipo de buque, del tipo de motor propulsor y el número de hélices, y pueden encontrarse en la tabla 2.21 de la referencia [2].

$$RP = 0,59 \cdot (5800 \cdot 1,36)^{0,70} = 315,3 t$$

Así teniendo dos motores principales en CC.MM, el  $PQP$  será:

$$PQP = 2 \cdot (QP + RP) = 2 \cdot (31,9 t + 315,3 t) = 694,4 t$$

## 4.2 Peso de la Maquinaria Restante

El mismo LR, indica una expresión para el cálculo de dicho peso, esta es:

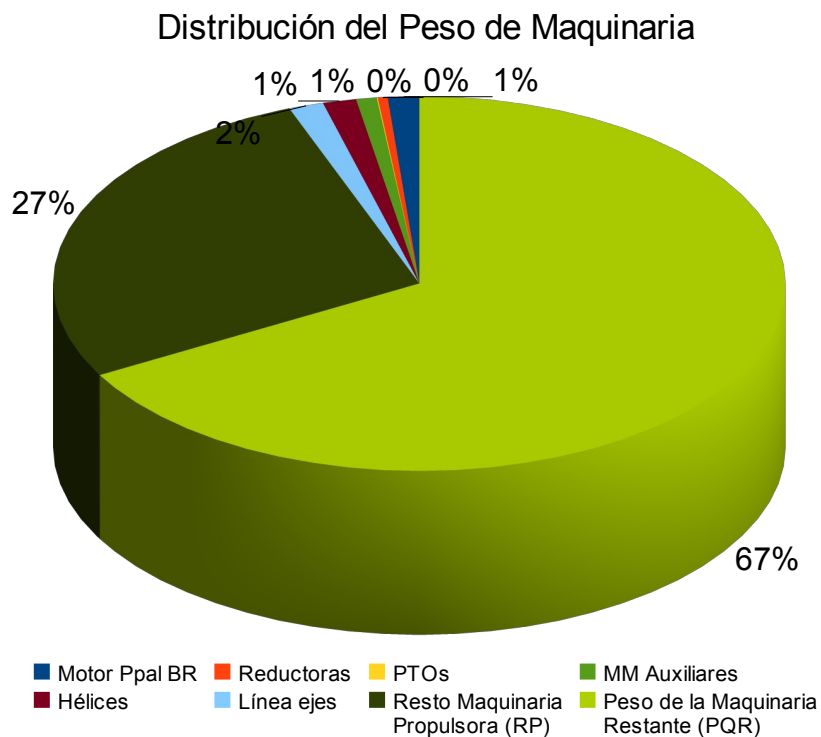
$$PQR = k \cdot VE^l + h \cdot EJ \cdot (j \cdot L + 5) = 1542,9 t$$

siendo

- $VE$  es el volumen de la CC.MM en  $m^3$
- $EJ$  la longitud de la línea de ejes fuera de CC.MM en  $m$
- $L$  la eslora entre perpendiculares en  $m$
- $k, l, h, j$  coeficientes de la tabla 2.21 de la referencia [2]

En la siguiente tabla se da el peso total de la Maquinaria y su CDG.

	Peso (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
<b>Maquinaria</b>	<b>2338,74</b>	<b>60,72</b>	<b>0</b>	<b>2,59</b>







## 5. Obtención del Peso en Rosca y CDG del Buque en Rosca

Finalmente teniendo en cuenta las 3 partidas principales, esto es: Acero, Maquinaria y Equipos y Habilitación, tomando momentos respecto a la perpendicular de popa obtenemos el Peso en Rosca y su posición longitudinal y vertical en el buque. En la siguiente tabla podemos ver el desglose anterior con el centro de gravedad y el peso de cada una de las partidas consideradas.

ÍTEM			PESO (t)	POSICIÓN CDG (m)		
			<b>TOTAL</b>	<b>XG</b>	<b>YG</b>	<b>ZG</b>
			<b>7418</b>	<b>84,54</b>	<b>0</b>	<b>7,7</b>
ÍTEM	UNIDADES	Peso Unitario	PESO	POSICIÓN cdg ÍTEM (m)		
			toneladas	Xg	Yg	Zg
<b>PESO ACERO</b>						
Peso Acero Continuo	1	3638,75	3638,7	85,07	0	7,35
Peso Acero Discreto	1	75,8	75,8	68,17	0	5,8
Peso Superestructura	1	385,71	385,7	145	0	24
Error laminación, Cordón Soldadura y margen acero	1	326,88	326,9	125	0	13
<b>PESO MAQUINARIA</b>						
Motor Ppal ER	1	31,9	31,9	54	3,95	3,15
Motor Ppal BR	1	31,9	31,9	54	-3,95	3,15



ÍTEM			PESO (t)	POSICIÓN CDG (m)		
Reductoros	2	5	10,0	49	0	2,45
PTOs	2	0,5	1,0	48,2	0	2,5
MM Auxiliares	3	7	21,0	51,3	0	2,98
Hélices	2	17	34,0	3,41	0	2,43
Línea ejes	2	17,72	35,4	33,1	0	2,43
Resto Maquinaria Propulsora (RP)	2	315,30	630,6	61	0	2,5
Peso de la Maquinaria Restante (PQR)	1	1542,89	1542,9	63	0	2,6
<b>PESO DEL EQUIPO Y LA HABILITACIÓN</b>						
Peso de la Pintura (Pi)	1	23,0	23,0	80,23	0	2,28
Peso Ánodos Sacrificio (Pcc)	1	4,42	4,4	10	0	2,4
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,5	152,5	135	0	14
Peso de los sistemas de Ayuda a la Navegación	1	10	10,0	158	0	26,2
Peso del Equipo de Gobierno	1	10,02	10,0	0	0	6,18
Peso del Equipo de Salvamento (PL)	1	13	13,0	139	0	22,45
Peso Equipo Contra incendios (PI)	1	51,15	51,1	82	0	9
Peso Jarcia de Labor (Pj)	1	15,07	15,1	132,5	0	20,33
Equipo Acondicionamiento Bodegas	1	17,78	17,8	155	0	14
Tapa Rampas	1	30,76	30,8	50	0	8,5
Portones Popa	1	92,01	92,0	-3,9	0	13,25



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 1: Memoria explicativa del tipo de buque y misión a la que se destina

UPM - ETSIN

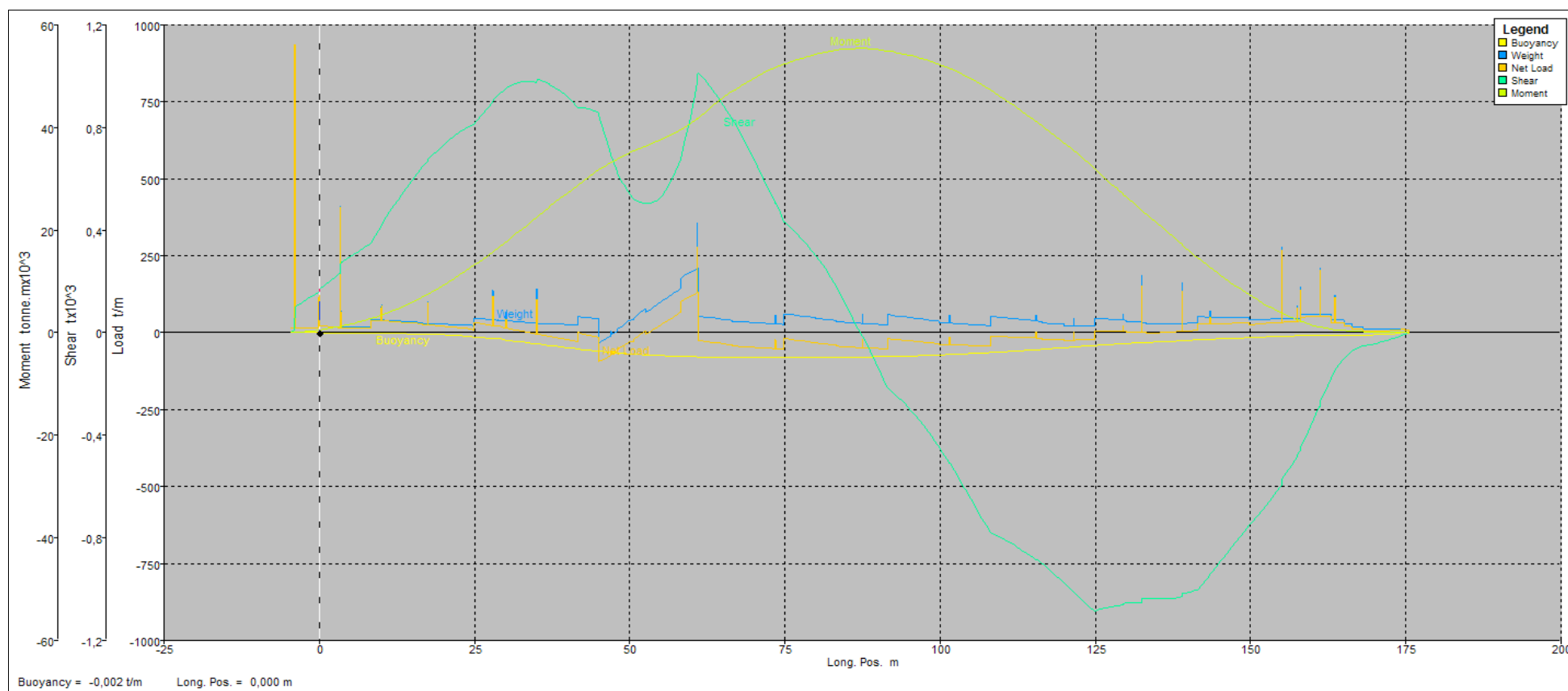
Proyecto nº10 2008-2009



ÍTEM			PESO (t)	POSICIÓN CDG (m)		
Peso Puertas Acero	1	2,52	2,5	155	0	21,5
Peso de Portillos y Ventanas	1	3	3,0	155	0	21,5
Escaleras Exteriores	1	3	3,0	140	0	21,5
Peso Escala Real y Planchada	1	2,4	2,4	121,50	0	15
Peso de la Habitación	1	130,11	130,1	160	0	23,85
Propulsor Proa Maniobra	1	15	15,0	161,20	0	5
Margen Maquinaria Equipo y Habitación	1	76,35	76,3	168	0	20

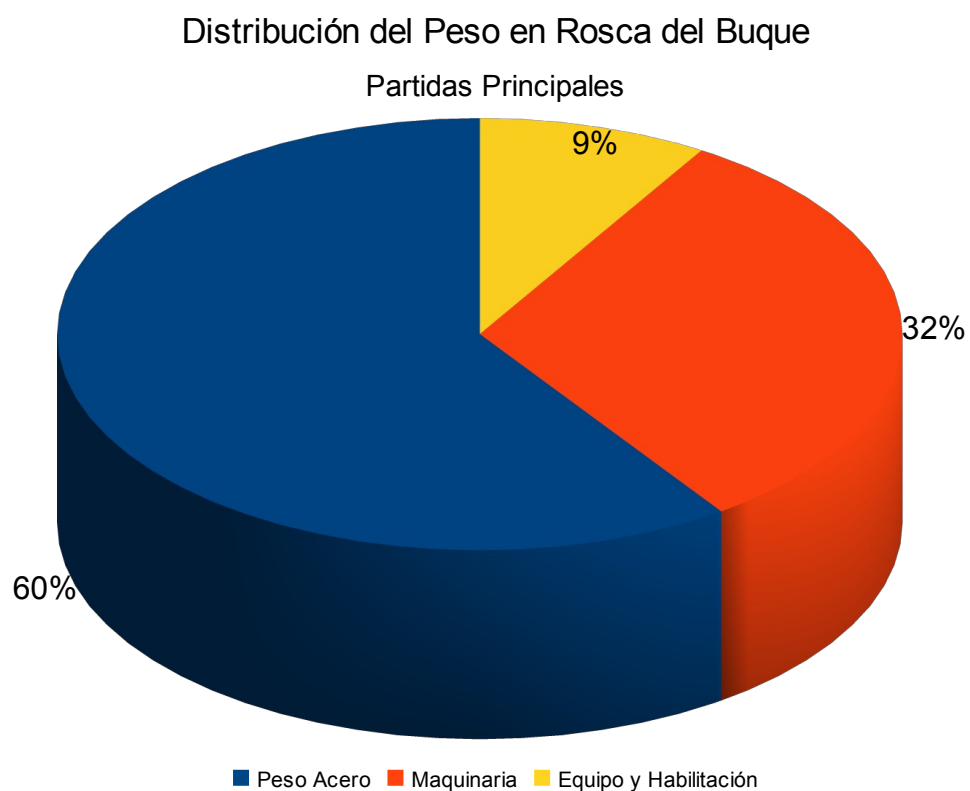
## 6. Distribución del Peso en Rosca

En la siguiente imagen puede apreciarse la distribución del peso en rosca así como la distribución de momentos y cortantes en esa condición.





Y el siguiente gráfico muestra el porcentaje de las diferentes partidas principales en el peso total del rosca.





## 7. Bibliografía

1. **Proyecto básico del Buque Mercante.** D. Ricardo Alvariño Castro, D. Juan José Azpíroz Azpíroz, D. Manuel Meizoso Fernandez, Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales 2007.
2. **Ecuación del Desplazamiento, Peso en Rosca y Peso Muerto.** D. Manuel Meizoso Fernández, D. José Luís García Garcés. Sección de Publicaciones de la ETSIN.

UPM-ETSIN



# Situaciones de carga y resistencia longitudinal

---

PFC nº 10 – Cuaderno 12

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## INDICE

0	Definiciones .....	1
1	Reglamento .....	4
1.1	Estabilidad sin avería (Estabilidad Intacta) .....	4
1.1.1	Criterios de estabilidad. ....	4
1.1.2	Situaciones de carga a verificar.....	10
1.1.3	Cuestiones generales a tener en cuenta.....	10
1.2	Estabilidad con avería. ....	14
1.2.1	Cálculo del índice de compartimentado prescrito R (Regla II-1.6 del SOLAS) .....	14
1.2.2	Cálculo del índice de compartimentado obtenido A (Regla II-1.7 del SOLAS).....	15
Regla 7-1	Cálculo del factor $p_i$ .....	16
Regla 7-2	Cálculo del factor $s_i$ .....	21
Regla 7-3	Permeabilidad .....	27
1.3	Otras reglas del Capítulo II-1 del Convenio SOLAS que se han de tener en cuenta en lo relativo a compartimentado, integridad de estanquidad e integridad a la intemperie .....	28
1.3.1	Regla 9 Dobles fondos en los buques de pasaje y en los buques de carga que no sean buques tanque .....	28
1.3.2	Regla 10 Construcción de los mamparos estancos .....	29
1.3.3	Regla 12 Mamparos de los piques y de los espacios de máquinas, túneles de ejes, etc. 30	
1.3.4	Regla 13-1 Aberturas en los mamparos estancos y en las cubiertas interiores estancas de los buques de carga .....	31
1.3.5	Regla 15 Aberturas en el forro exterior por debajo de la cubierta de francobordo.....	32
1.3.6	Regla 15-1 Aberturas exteriores en los buques de carga .....	34
1.3.7	Regla 24 Prevención y control de la entrada de agua, etc. en los buques de carga .	35
2	Condiciones de carga. ....	36
2.1	Plena carga salida (1400mL de trailers y 500 TEUs) y 100% provisiones y consumos.....	36
2.1.1	ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA.....	36
2.1.2	CONCEPTOS DE LA CARGA .....	40
2.1.3	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	44
2.1.4	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	45
2.1.5	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	46





2.1.6	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	50
2.2	Plena carga salida (500 TEUs) y 100% provisiones y consumos.....	51
2.2.1	ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA.....	51
2.2.2	CONCEPTOS DE LA CARGA.....	52
2.2.3	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	55
2.2.4	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	56
2.2.5	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	57
2.2.6	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	61
2.3	Plena carga llegada (1400mL de trailers y 500TEUs) y 10% de provisiones y consumos.	62
2.3.1	ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA.....	62
2.3.2	CONCEPTOS DE LA CARGA .....	64
2.3.3	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	68
2.3.4	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	69
2.3.5	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	70
2.3.6	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	74
2.4	Plena carga llegada (500 TEUs) y 10% de provisiones y consumos.....	75
2.4.1	ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA.....	75
2.4.2	CONCEPTOS DE LA CARGA .....	76
2.4.3	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	79
2.4.4	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	80
2.4.5	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	81
2.4.6	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	85
2.5	Salida en lastre, sin carga, pero con el 100% de provisiones y combustible.....	86
2.5.1	CONCEPTOS DE LA CARGA.....	86
2.5.2	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	89
2.5.3	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	90
2.5.4	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	91
2.5.5	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	95
2.6	Llegada en lastre, sin carga, pero con el 10 % de provisiones y combustible. ....	96
2.6.1	CONCEPTOS DE LA CARGA .....	96
2.6.2	RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA.....	99
2.6.3	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.....	100



2.6.4	VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD .....	101
2.6.5	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	105
3	Estabilidad después de avería. ....	106
3.1	PARÁMETROS DEL CÁLCULO .....	106
3.2	CURVA DE KG LÍMITE POR ESTABILIDAD .....	107
3.3	KG LÍMITE POR ESTABILIDAD A LOS CALADOS $d_s$ , $d_p$ y $d_l$ .....	108
3.4	VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DESPUÉS DE AVERÍAS .....	109
3.4.1	Cálado máximo de compartimentado $d_s= 6,18$ m. Asiento 0 .....	109
3.4.2	Cálado de compartimentado parcial, $d_p= 5,588$ m. Asiento 0 .....	111
3.4.3	Cálado de servicio en rosca, $d_l= 4,7$ m (Calado mínimo de servicio). Asiento 0,225 m 114	
3.4.4	Resumen de resultados.....	116





## 0 Definiciones

- 1 *Eslora de compartimentado ( $L_s$ )* del buque: la eslora máxima de trazado proyectada del buque, medida a la altura de la cubierta o cubiertas que limitan la extensión vertical de la inundación, o por debajo de éstas, cuando la flotación del buque coincide con el calado máximo de compartimentado.
- 2 *A media eslora*: punto medio de la eslora de compartimentado del buque.
- 3 *Extremo popel*: límite de popa de la eslora de compartimentado.
- 4 *Extremo proel*: límite de proa de la eslora de compartimentado.
- 5 *Eslora ( $L$ )* es la eslora tal como se define en el Convenio internacional sobre líneas de carga en vigor.
- 6 *Cubierta de francobordo*: es la cubierta tal como se define en el Convenio internacional sobre líneas de carga en vigor.
- 7 *Perpendicular de proa*: es la perpendicular de proa tal como se define en el Convenio internacional sobre líneas de carga en vigor.
- 8 *Manga ( $B$ )*: la manga máxima de trazado del buque, medida a la altura del calado máximo de compartimentado o por debajo de éste.
- 9 *Calado ( $d$ )*: la distancia vertical medida desde la línea de quilla a media eslora hasta la flotación que se considere.
- 10 *Calado máximo de compartimentado ( $d_s$ )*: la flotación relativa al calado correspondiente a la línea de carga de verano que se asigne al buque.
- 11 *Calado de servicio en rosca ( $d_l$ )*: el calado de servicio correspondiente a la carga mínima prevista y a la capacidad correspondiente de los tanques, incluido, no obstante, el lastre que pueda ser necesario para la estabilidad o la inmersión. Los buques de pasaje incluirán la totalidad de los pasajeros y la tripulación a bordo.
- 12 *Calado de compartimentado parcial ( $d_p$ )*: el correspondiente al calado de servicio en rosca más el 60% de la diferencia entre el citado calado y el calado máximo de compartimentado.
- 13 *Asiento*: la diferencia entre el calado a proa y el calado a popa, medidos en los extremos proel y popel respectivamente, sin tener en cuenta la quilla inclinada.



14 *Permeabilidad ( $\mu$ )* de un espacio: la proporción del volumen sumergido de ese espacio que el agua puede ocupar.

15 *Espacio de máquinas*: espacios entre los contornos estancos de un espacio ocupado por las máquinas propulsoras principales y auxiliares, incluidos las calderas, los generadores y los motores eléctricos utilizados principalmente para la propulsión. Si se trata de una disposición estructural poco habitual, la Administración podrá definir los límites de los espacios de máquinas.

16 *Estanco a la intemperie*: condición en la que, sea cual fuere el estado de la mar, el agua no penetrará en el buque.

17 *Estanco*: provisto de escantillonado y medios que impidan el paso del agua en cualquier sentido como consecuencia de la carga de agua, que puede producirse tanto con avería como sin ella. Con avería, se considerará que la peor situación de la carga de agua se da en la posición de equilibrio, incluidas las etapas intermedias de la inundación.

18 *Presión de proyecto*: la presión hidrostática que cada estructura o dispositivo que se asume que es estanco en los cálculos de estabilidad con y sin avería está proyectado para soportar.

19 *Cubierta de cierre*: en el caso de un buque de pasaje significa la cubierta más elevada en cualquier punto de la eslora de compartimentado ( $L_s$ ) a que llegan los mamparos principales y el forro del buque en forma estanca y la cubierta más baja desde la que pueden evacuarse pasajeros y tripulación sin que el agua lo impida en ninguna de las etapas de inundación en los casos de avería definidos en la regla 8 y en la parte B-2 del presente capítulo. La cubierta de cierre podrá tener un escalonamiento. En el caso de los buques de carga, la cubierta de francobordo puede considerarse la cubierta de cierre.

20 *Peso muerto*: diferencia, expresada en toneladas, entre el desplazamiento del buque en agua de peso específico igual a 1,025 en el calado correspondiente al francobordo asignado de verano y el desplazamiento del buque en rosca.

21 *Desplazamiento en rosca*: valor, expresado en toneladas, que representa el peso de un buque sin carga, combustible, aceite lubricante, agua de lastre, agua dulce, agua de alimentación de calderas en los tanques ni provisiones de consumo, y sin pasajeros, tripulantes ni efectos de unos y otros.

22 *Línea de quilla*: es una línea paralela a la inclinación de la quilla que pasa por el centro del buque a través de:

- .1 el canto superior de la quilla en el eje longitudinal o la línea de intersección del interior del forro exterior con la quilla, en caso de que una quilla de barra maciza se extienda por debajo de esa línea, de un buque de forro metálico; o
- .2 en los buques de madera y de construcción mixta esta distancia se medirá desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la



cuaderna maestra sea cóncava, o cuando existan tracas de aparadura de gran espesor, esta distancia se medirá desde el punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el eje longitudinal en el centro de buque.

23 *Centro del buque*: el punto medio de la eslora ( $L$ ).

24 Código IS 2008: Código internacional de estabilidad sin avería, 2008, que comprende una introducción, una parte A (cuyas disposiciones tienen carácter obligatorio) y una parte B (cuyas disposiciones tienen carácter de recomendación), adoptado mediante la resolución MSC.267(85), a condición de que:

- .1 las enmiendas a la introducción y a la parte A del Código se adopten, entren en vigor y se hagan efectivas de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII del presente Convenio, relativo a los procedimientos de enmienda aplicables al anexo, salvo el capítulo I del mismo; y
- .2 las enmiendas a la parte B del Código sean adoptadas por el Comité de Seguridad Marítima de conformidad con lo dispuesto en su Reglamento interior.



## 1 Reglamento

### 1.1 Estabilidad sin avería (Estabilidad Intacta)

#### 1.1.1 Criterios de estabilidad.

La Regla II-1/5 del SOLAS exige que los buques de eslora igual o superior a 24 m construidos el 1 de julio de 2010 o posteriormente cumplan, como mínimo, las prescripciones de la parte A del Código internacional de estabilidad sin avería, 2008 (Código IS 2008) adoptado mediante la Resolución MSC.267(85).

Según la mencionada parte A del Código IS, en el caso del buque proyecto, hay que verificar que las situaciones de carga que indicamos en el punto 2 de este documento cumplen los siguientes criterios de estabilidad:

#### **Criterios relativos a las propiedades de la curva de brazos adrizantes**

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 metro-radián hasta un ángulo de escora  $\phi = 30^\circ$  ni inferior a 0,09 metro-radián hasta  $\phi = 40^\circ$ , o hasta el ángulo de inundación descendente  $\phi_f^5$  si éste es inferior a  $40^\circ$ . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de  $30^\circ$  y  $40^\circ$ , o entre  $30^\circ$  y  $\phi_f$  si este ángulo es inferior a  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metro-radián.
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,2 m a un ángulo de escora igual o superior a  $30^\circ$ .
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a  $25^\circ$ . Si esto no es posible, podrán aplicarse, a reserva de lo que apruebe la Administración, criterios basados en un nivel de seguridad equivalente.<sup>6</sup>
- La altura metacéntrica inicial GM0 no será inferior a 0,15 m.

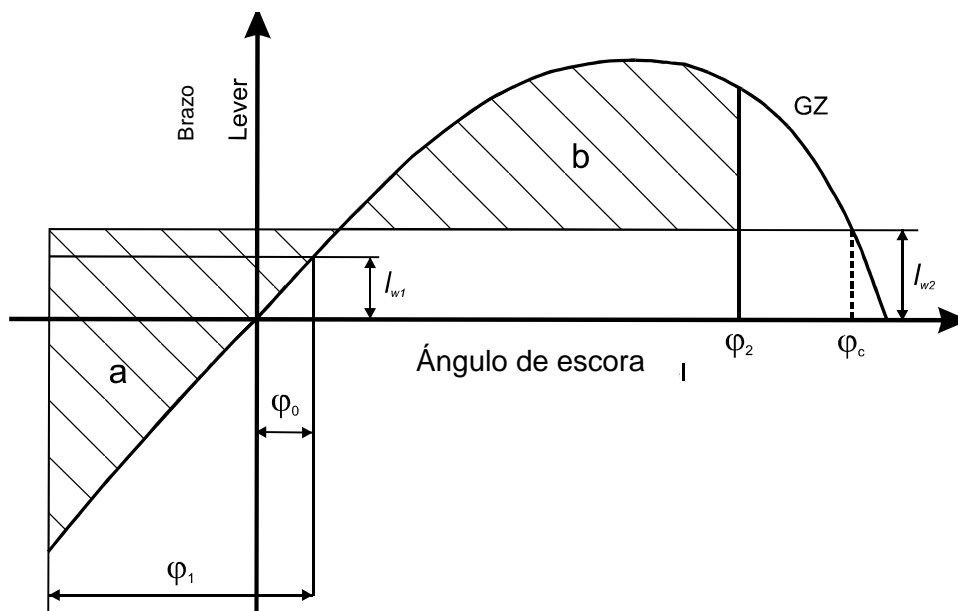
#### **Criterio de viento y balance intensos (criterio meteorológico)**

1. Habrá que demostrar la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance, con referencia a la figura 1, del modo siguiente:
  - .1 se someterá el buque a la presión de un viento constante que actúe perpendicularmente al plano de crujía, lo que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $l_{w1}$ );

<sup>5</sup>  $\phi_f$  es el ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no puedan cerrarse de modo estanco a la intemperie. Al aplicar este criterio no hará falta considerar abiertas las pequeñas aberturas por las que no pueda producirse inundación progresiva.

<sup>6</sup> Véanse las Notas explicativas del Código internacional de estabilidad sin avería, 2008 (MSC.1/Circ.1281).

- .2 se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante ( $\varphi_0$ ), el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance ( $\varphi_1$ ) a barlovento. El ángulo de escora provocado por un viento constante ( $\varphi_0$ ) no deberá ser superior a  $16^\circ$  o al 80 % del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, si este ángulo es menor;
- .3 a continuación se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $l_{w2}$ ); y
- .4 en estas circunstancias, el área  $b$  debe ser igual o superior al área  $a$ , como se indica en la figura 1 *infra*:



**Figura 1: Viento y balance intensos**

donde los ángulos de la figura 1 se definen del modo siguiente:

- $\varphi_0$  = ángulo de escora provocado por un viento constante
- $\varphi_1$  = ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas (véanse 1.2, 4 y la nota a pie de página)
- $\varphi_2$  = ángulo de inundación descendente ( $\varphi_f$ ), o  $50^\circ$ , o  $\varphi_c$ , tomando de estos valores el menor,

siendo:

- $\varphi_f$  = ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no puedan cerrarse de modo





estanco a la intemperie. Al aplicar este criterio no hará falta considerar abiertas las pequeñas aberturas por las que no pueda producirse inundación progresiva

$\varphi_c$  = ángulo de la segunda intersección entre la curva de brazos escorantes  $l_{w2}$  y la de brazos GZ.

- Los brazos escorantes  $l_{w1}$  y  $l_{w2}$  provocados por el viento, a que se hace referencia en 1.1 y 1.3, son valores constantes a todos los ángulos de inclinación y se calcularán del modo siguiente:

$$l_{w1} = \frac{P \cdot A \cdot Z}{100 \cdot g \cdot \Delta} \quad (m) \quad y$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} \quad (m)$$

donde:

$P$  = presión del viento de 504 Pa. El valor de  $P$  utilizado para los buques en servicio restringido podrá reducirse a reserva de que lo apruebe la Administración

$A$  = área lateral proyectada de la parte del buque y de la cubertada que quede por encima de la flotación ( $m^2$ )

$Z$  = distancia vertical desde el centro del área  $A$  hasta el centro del área lateral de la obra viva, o aproximadamente hasta el punto medio del calado medio (m)

$\Delta$  = desplazamiento (t)

$g$  = aceleración debida a la gravedad de  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

- Si la Administración los considera satisfactorios, podrán aceptarse otros medios para determinar el brazo escorante ( $l_{w1}$ ) como alternativa equivalente al cálculo que figura en 2. Cuando se realicen dichas pruebas alternativas, se hará referencia a las Directrices elaboradas por la Organización.<sup>7</sup> La velocidad del viento utilizada en las pruebas será igual a 26 m/s en tamaño natural con un perfil de la velocidad uniforme. El valor de la velocidad del viento utilizado para los buques en servicios restringidos podrá reducirse a un valor que la Administración considere satisfactorio.

<sup>7</sup> Véanse las Directrices provisionales para la evaluación alternativa del criterio meteorológico (MSC.1/Circ.1200).



4. El ángulo de balance ( $\varphi_1$ )<sup>8</sup> a que se hace referencia en 1.2 se calculará del modo siguiente:

$$\varphi_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot s}$$

donde:

$X_1$  = factor indicado en el cuadro 4-1

$X_2$  = factor indicado en el cuadro 4-2

$k$  = factor que corresponde a lo siguiente:

$k$  = 1,0 respecto de un buque de pantoque redondo que no tenga quillas de balance ni quilla de barra

$k$  = 0,7 respecto de un buque de pantoque quebrado

$k$  = el valor que se indica en el cuadro 4-3 respecto de un buque con quillas de balance, quilla de barra o ambas

$r$  =  $0,73 + 0,6 \text{ OG}/d$

donde:

$\text{OG}$  =  $\text{KG} - d$

$d$  = calado medio de trazado del buque (m)

$s$  = factor indicado en el cuadro 4-4, donde  $T$  es el periodo natural de balance del buque. Si no se dispone de información suficiente, puede utilizarse la siguiente aproximación:

Periodo de balance  $T = \frac{2 \cdot C \cdot B}{\sqrt{\text{GM}}} \text{ (s)}$

donde:

$$C = 0,373 + 0,023(B/d) - 0,043(L_{wl}/100)$$

Los símbolos que aparecen en los cuadros 4-1, 4-2, 4-3 y 4-4 y en la fórmula del periodo de balance tienen los siguientes significados:

$L_{wl}$  = eslora en la flotación del buque (m)

$B$  = manga de trazado del buque (m)

<sup>8</sup> En los buques dotados de dispositivos antibalance, el ángulo de balance se determinará sin tomar en consideración el funcionamiento de esos dispositivos, a menos que la Administración juzgue que se ha demostrado satisfactoriamente que los dispositivos son eficaces incluso con una interrupción repentina de la energía eléctrica que los alimenta.



- $d$  = calado medio de trazado del buque (m)
- $C_B$  = coeficiente de bloque (-)
- $A_k$  = área total de las quillas de balance o área de la proyección lateral de la quilla de barra, o suma de estas áreas (m<sup>2</sup>)
- GM = altura metacéntrica corregida por el efecto de superficie libre (m).

**Cuadro 4-1: Valores del factor  $X_1$**

$B/d$	$X_1$
$\leq 2,4$	1,0
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3,0	0,90
3,1	0,88
3,2	0,86
3,4	0,82
$\geq 3,5$	0,80

**Cuadro 4-2: Valores del factor  $X_2$**

$C_B$	$X_2$
$\leq 0,45$	0,75
0,50	0,82
0,55	0,89
0,60	0,95
0,65	0,97



$\geq 0,70$	1,00
-------------	------

**Cuadro 4-3: Valores del factor  $k$**

$\frac{A_k \times 100}{L_{wl} \times B}$	$k$
0	1,0
1,0	0,98
1,5	0,95
2,0	0,88
2,5	0,79
3,0	0,74
3,5	0,72
$\geq 4,0$	0,70

**Cuadro 4-4: Valores del factor  $s$**

$T$	$s$
$\leq 6$	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
$\geq 20$	0,035

(Los valores intermedios en los cuadros 1-4 se obtendrán por interpolación lineal)

- Los cuadros y fórmulas descritos en 4. se basan en datos de buques que presentan las siguientes características:

.1  $B/d$  inferior a 3,5;



.2  $(KG/d-1)$  entre -0,3 y 0,5; y

.3  $T$  inferior a 20 s.

En el caso de los buques cuyos parámetros rebasen los límites indicados *supra*, el ángulo de balance ( $\phi_1$ ) podrá determinarse también mediante experimentos con un modelo de buque de ese tipo utilizando el procedimiento descrito en la circular MSC.1/Circ.1200. Asimismo, la Administración podrá aceptar las estimaciones alternativas mencionadas para cualquier buque si lo estima oportuno.

### 1.1.2 Situaciones de carga a verificar.

Según el Código IS 2008, se debe verificar que, las condiciones principales de carga previstas por el propietario en relación con las operaciones del buque, cumplen con los criterios de estabilidad que se recogen en el apartado 1.1.1 de este documento.

Si como es el caso, el propietario del buque no facilita información suficientemente detallada acerca de las mencionadas condiciones de carga, se realizarán los cálculos correspondientes a las condiciones normales de carga especificadas en el Código IS 2008, que el caso del buque proyecto son:

- .1 buque en la condición de salida a plena carga, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga y con la totalidad de provisiones y combustible;
- .2 buque en la condición de llegada a plena carga, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga y con el 10 % de provisiones y combustible;
- .3 buque en la condición de salida en lastre, sin carga, pero con la totalidad de provisiones y combustible; y
- .4 buque en la condición de llegada en lastre, sin carga, pero con el 10 % de provisiones y combustible.

Las condiciones de carga estudiadas pueden verse en el punto 2.

### 1.1.3 Cuestiones generales a tener en cuenta.

#### 1.1.3.1 Efecto de las superficies libres de los líquidos en los tanques

1 En todas las condiciones de carga, la altura metacéntrica inicial y la curva de los brazos adrizantes deberán corregirse con el efecto de superficie libre de los líquidos en los tanques.

2 El efecto de superficie libre deberá tenerse en cuenta siempre que el nivel de llenado de un tanque sea inferior al 98 % del nivel de llenado total. No será necesario considerar el efecto de superficie libre cuando un tanque esté nominalmente lleno, es decir, cuando su nivel de llenado sea



igual o superior al 98 %. Los efectos de superficie libre en los tanques pequeños podrán no considerarse cuando se dé la condición indicada en 12.

Sin embargo, los tanques de carga nominalmente llenos deberían ser objeto de una corrección para tener en cuenta los efectos de las superficies libres con un nivel de llenado del 98 %. Al hacerlo, la corrección de la altura metacéntrica inicial debería basarse en el momento de inercia de la superficie del líquido con un ángulo de escora de  $5^\circ$  dividido por el desplazamiento, y se sugiere que la corrección del brazo adrizante se haga teniendo en cuenta el momento de desplazamiento real de las cargas líquidas.

3 Los tanques que se tienen en cuenta al determinar la corrección por superficie libre quedan comprendidos en una de las dos categorías siguientes:

- .1 tanques con niveles de llenado fijos (por ejemplo: cargas líquidas, lastre de agua). La corrección por superficie libre se determina con arreglo al nivel de llenado real de cada tanque; o
- .2 tanques con niveles de llenado variables (por ejemplo, líquidos consumibles, tales como fueloil, gasoil, agua dulce, y también cargas líquidas y lastre de agua durante las operaciones de trasvase de líquidos). Salvo por lo autorizado en 5 y 6, la corrección por superficie libre es el valor máximo alcanzable entre los límites de llenado previstos para cada tanque que sea compatible con cualquier instrucción de funcionamiento.

4 Al calcular los efectos de superficie libre de los tanques que contengan líquidos consumibles se dará por supuesto que, para cada tipo de líquido, al menos un par de tanques transversales o un solo tanque central tienen una superficie libre, y el tanque o la combinación de tanques considerados serán aquellos en los que el efecto de superficie libre sea mayor.

5 Cuando los tanques de lastre de agua, incluidos los tanques antibalance y los tanques adrizantes, tengan que ser llenados o descargados durante la travesía, el efecto de superficie libre se calculará de modo que se tenga en cuenta la fase más crítica relacionada con tales operaciones.

6 En los buques que estén realizando operaciones de trasvase de líquidos, las correcciones por superficie libre para cada fase<sup>15</sup> de la operación de trasvase de líquidos podrán determinarse con arreglo al nivel de llenado de cada tanque correspondiente a tal fase de la operación de trasvase.

7 Las correcciones de la altura metacéntrica inicial y de la curva de brazos adrizantes han de considerarse por separado, como sigue.

<sup>15</sup> A fin de cumplir esta recomendación, podrá evaluarse una cantidad suficiente de condiciones de carga que representen las fases inicial, intermedia y final de la operación de llenado o descarga, utilizando la corrección por superficie libre al nivel de llenado en cada tanque en la fase correspondiente.



8 Al determinar la corrección de la altura metacéntrica inicial, los momentos de inercia transversales de los tanques se calculan con un ángulo de escora de 0°, en función de las categorías indicadas en 3.

9 La curva de brazos adrizantes podrá corregirse siguiendo uno de los métodos indicados a continuación, a reserva del consentimiento de la Administración:

- .1 corrección basada en el momento real del trasvase de líquidos para cada ángulo de escora calculado; o
- .2 corrección basada en el momento de inercia, calculado con un ángulo de escora de 0°, modificada para cada ángulo de escora calculado.

10 Las correcciones podrán calcularse con arreglo a las categorías indicadas en 2.

11 Cualquiera que sea el método seleccionado para corregir la curva de brazos adrizantes, en el cuadernillo de estabilidad del buque sólo debe presentarse el método elegido. No obstante, cuando se describa otro método opcional para el cálculo manual de las condiciones de carga, procederá añadir una explicación de las diferencias que puedan surgir en los resultados, así como un ejemplo de corrección para cada variante.

12 No será necesario incluir en la corrección los tanques pequeños que cumplan la condición dada por la fórmula siguiente, que corresponde a una inclinación de 30°:

$$M_{fs} / \Delta_{min} < 0,01 \text{ m}$$

donde:

$M_{fs}$  = es el momento de superficie libre, en mt

$\Delta_{min}$  = es el desplazamiento mínimo del buque calculado en  $d_{min}$ , en toneladas

$d_{min}$  = es el calado medio de servicio mínimo de un buque sin carga, con el 10 % de provisiones y el mínimo de agua de lastre, si es necesario, en m.

13 No es necesario tener en cuenta, en los cálculos de correcciones, los residuos de líquidos que quedan normalmente en los tanques vacíos, siempre y cuando el total de los residuos de líquidos no produzca un efecto de superficie libre considerable.

#### 1.1.3.2 Asientos de servicio

Si se utilizan curvas o cuadros de valores de la altura metacéntrica mínima de servicio (GM) o del centro de gravedad máximo (VCG) que garanticen el cumplimiento de los criterios pertinentes de estabilidad sin avería, dichas curvas de valores límite han de abarcar la gama de asientos de servicio, a menos que la Administración admita que los efectos de asiento no son importantes. Cuando no se disponga de curvas o cuadros de valores de la altura metacéntrica mínima de



servicio (GM) o del centro de gravedad máximo (VCG) en función del calado que abarquen los asientos de servicio, el capitán deberá comprobar que la condición de servicio no difiere de una condición de carga estudiada, o verificar, mediante los cálculos correspondientes, que los criterios de estabilidad se satisfacen respecto de dicha condición de carga teniendo en cuenta los efectos de asiento.





## 1.2 Estabilidad con avería.

Según la Regla II-1.4 del SOLAS, las prescripciones sobre estabilidad con avería de las partes B-1 a B-4 del SOLAS son aplicación al buque proyecto por tener una eslora (L) superior a 80 m.

Para demostrar que el buque tiene un compartimentado adecuado y que por tanto cumple estabilidad con avería, hay que verificar, en el caso del buque proyecto, que cumple las siguientes condiciones:

1.  $A \geq R$
2.  $A_s, A_p \text{ y } A_l \geq 0,5R$

donde:

- A es el índice de compartimentado obtenido
- R es índice de compartimentado prescrito
- $A_s$  índice de compartimentado parcial calculado al calado  $d_s$
- $A_p$  índice de compartimentado parcial calculado al calado  $d_p$
- $A_l$  índice de compartimentado parcial calculado al calado  $d_l$

A continuación se especifica el cálculo de cada uno de estos parámetros.

### 1.2.1 Cálculo del índice de compartimentado prescrito R (Regla II-1.6 del SOLAS)<sup>1</sup>

El índice de compartimentado prescrito, R, indica el grado de compartimentado necesario. En el caso del buque proyecto, el cálculo del mismo se efectúa con mediante la siguiente expresión:

$$R = 1 - \frac{128}{L_s + 152}$$

Siendo  $L_s$ , la “eslora de compartimentado del buque”, es decir, la eslora máxima de trazado proyectada del buque, medida a la altura de la cubierta o cubiertas que limitan la extensión vertical de la inundación, o por debajo de éstas, cuando la flotación del buque coincide con el calado máximo de compartimentado.

<sup>1</sup> El Comité de Seguridad Marítima, al adoptar las reglas contenidas en las partes B a B-4, invitó a las Administraciones a que tomaran nota de que dichas reglas se han de aplicar junto con las notas explicativas elaboradas por la Organización a fin de asegurar su aplicación uniforme.



### 1.2.2 Cálculo del índice de compartimentado obtenido $A$ (Regla II-1.7 del SOLAS)<sup>2</sup>

El índice  $A$  expresa la probabilidad de conservar la flotabilidad después de avería por abordaje en el casco del buque. Para obtener el índice  $A$  es necesario hacer los cálculos de los distintos supuestos de avería definidos por la extensión de la avería y las condiciones de carga iniciales del buque antes de la avería. Se deben tener en cuenta tres condiciones de carga y los resultados se deben ponderar del modo siguiente:

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_l$$

donde los índices  $s$ ,  $p$  y  $l$  representan las tres condiciones de carga, y el factor que multiplica al índice indica el grado de ponderación del índice  $A$  con respecto a cada condición de carga.

Cada índice parcial es una sumatoria de los resultados de todos los casos de avería que se han tomado en consideración, utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \sum p_i s_i$$

donde:

- $i$  representa cada uno de los compartimientos o grupo de compartimientos considerados;
- $p_i$  representa la probabilidad de que sólo se inunde el compartimiento o el grupo de compartimientos considerados, sin atender al compartimentado horizontal, tal como se define en la regla 7-1; y
- $s_i$  representa la probabilidad de que el buque conserve la flotabilidad después de que se haya inundado el compartimiento o el grupo de compartimientos considerados, teniendo en cuenta los efectos del compartimentado horizontal, tal como se define en la regla 7-2.

Para calcular  $A$  se supondrá que el buque tiene asiento a nivel para el calado máximo de compartimentado y el calado de compartimentado parcial. El asiento de servicio real se utilizará para el calado de servicio en rosca. Si en todas las condiciones de servicio la variación del asiento, en comparación con el asiento calculado, es superior al 0,5% de  $L_s$ , se calculará  $A$ , una o más veces, para los mismos calados, pero con distintos asientos, de modo que, respecto de todas las condiciones de servicio, la diferencia del asiento, en comparación con el asiento de referencia utilizado para un cálculo, sea inferior al 0,5% de  $L_s$ .

Al determinar el brazo adrizante positivo ( $GZ$ ) de la curva de estabilidad residual, el desplazamiento será el correspondiente a la condición de estabilidad sin avería, es decir,

<sup>2</sup> El Comité de Seguridad Marítima, al adoptar las reglas contenidas en las partes B a B-4, invitó a las Administraciones a que tomaran nota de que dichas reglas se han de aplicar junto con las notas explicativas elaboradas por la Organización a fin de asegurar su aplicación uniforme.



que deberá aplicarse el método de cálculo de desplazamiento constante.

La sumatoria indicada en la fórmula precedente se calculará respecto de toda la eslora de compartimentado del buque ( $L_s$ ) para todos los casos de inundación en que un solo compartimiento, o dos compartimientos adyacentes o más resulten afectados. En el caso de configuraciones asimétricas, el valor  $A$  calculado deberá ser el valor medio obtenido a partir de los cálculos relativos a ambos costados. En caso contrario, deberá tomarse el correspondiente al costado que, en principio, brinde el resultado menos favorable.

Si el buque tiene compartimientos laterales, los elementos de la sumatoria indicada en la fórmula se calcularán para todos los casos de inundación en que resulten afectados los compartimientos laterales. Se podrán añadir además los casos de inundación simultánea de un compartimiento lateral o de un grupo de compartimientos laterales y del compartimiento interior adyacente o grupo de compartimientos interiores adyacentes, pero sin que la avería tenga una extensión transversal superior a la mitad de la manga del buque  $B$ . A los efectos de la presente regla, la extensión transversal se medirá desde el costado del buque hacia el interior, perpendicularmente al plano diametral del buque a la altura del calado máximo de compartimentado.

Al realizar los cálculos de inundación de conformidad con lo dispuesto en las presentes reglas, se podrá suponer que hay una sola brecha en el casco y solamente una superficie libre. La avería supuesta se extenderá desde la línea base hacia arriba hasta cualquier compartimentado horizontal estanco que haya por encima de la flotación o más arriba. Sin embargo, si una extensión menor de la avería diera por resultado un valor más desfavorable, se tomará como hipótesis dicha extensión.

Si dentro de la extensión de la avería supuesta hay tuberías, conductos o túneles, se dispondrán medios para asegurar que por esa razón no se extiende la inundación progresiva a otros compartimientos que no sean los que se suponen inundados. No obstante, la Administración podrá permitir que una pequeña inundación progresiva, siempre y cuando se demuestre que pueden contenerse fácilmente sus efectos y que no peligra la seguridad del buque.

### Regla 7-1 Cálculo del factor $p_i$

1 El factor  $p_i$  para un compartimiento o grupo de compartimientos se calculará de conformidad con lo estipulado en los párrafos 1.1 y 1.2 de este apartado, utilizándose las notaciones siguientes:

$j$  = número de la zona más a popa afectada por la avería, comenzando por el número 1 en la popa;

$n$  = número de zonas de avería adyacentes afectadas por la avería ;



- $k$  = número de un mamparo longitudinal particular que forma barrera para la penetración transversal en una zona de avería, contado desde el costado hacia el interior del buque. El costado es  $k=0$ ;
- $x1$  = distancia medida desde el extremo popel de  $L_s$  hasta el límite popel de la zona en cuestión;
- $x2$  = distancia medida desde el extremo popel de  $L_s$  hasta el límite proel de la zona en cuestión; y
- $b$  = distancia media transversal en metros, medida perpendicularmente al plano diametral en la línea de máxima carga de compartimentado entre el forro exterior y un plano vertical supuesto que se extienda entre los límites longitudinales utilizados en el cálculo del factor  $p_i$  y que sea tangente o común a toda o a parte de la cara más exterior del mamparo longitudinal considerado. Este plano vertical estará orientado de modo que la distancia transversal media al forro exterior sea la máxima, pero no superior al doble de la distancia mínima entre el plano y el forro exterior. Si la parte superior de un mamparo longitudinal se encuentra por debajo de la línea de máxima carga de compartimentado, se supondrá que el plano vertical utilizado para determinar  $b$  se extiende hasta dicha línea. En ningún caso se considerará que  $b$  es superior a  $B/2$ .

Si la avería afecta a una zona solamente:

$$p_i = p(x1_j, x2_j) * [r(x1_j, x2_j, b_k) - r(x1_j, x2_j, b_{k-1})]$$

Si la avería afecta a dos zonas adyacentes:

$$p_i = p(x1_j, x2_{j+1}) * [r(x1_j, x2_{j+1}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+1}, b_{k-1})] \\ - p(x1_j, x2_j) * [r(x1_j, x2_j, b_k) - r(x1_j, x2_j, b_{k-1})] \\ - p(x1_{j+1}, x2_{j+1}) * [r(x1_{j+1}, x2_{j+1}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+1}, b_{k-1})]$$

Si la avería afecta a tres o más zonas adyacentes:

$$p_i = p(x1_j, x2_{j+n-1}) * [r(x1_j, x2_{j+n-1}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+n-1}, b_{k-1})] \\ - p(x1_j, x2_{j+n-2}) * [r(x1_j, x2_{j+n-2}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+n-2}, b_{k-1})] \\ - p(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}) * [r(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}, b_{k-1})] \\ + p(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}) * [r(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}, b_{k-1})]$$

y cuando  $k=0$ ,  $r(x1, x2, b) = 0$

1.1 El factor  $p(x1, x2)$  se calculará de conformidad con las siguientes fórmulas:

Longitud total máxima normalizada de la avería:	$J_{m\acute{a}x} = 10/33$
Punto del codillo en la distribución:	$J_{kn} = 5/33$
Probabilidad acumulativa en $J_{kn}$ :	$p_k = 11/12$
Longitud máxima absoluta de la avería:	$l_{m\acute{a}x} = 60 \text{ m}$

Eslora límite de la distribución normalizada:

$$L^* = 260 \text{ m}$$

Densidad de probabilidad en  $J = 0$ :

$$b_0 = 2 \left( \frac{p_k}{J_{kn}} - \frac{1-p_k}{J_{\max} - J_{kn}} \right)$$

Cuando  $L_s \leq L^*$ ,

$$J_m = \min \left[ J_{\max}, \frac{l_{\max}}{L_s} \right]$$

$$J_k = \frac{J_m}{2} + \frac{1 - \sqrt{1 + (1 - 2p_k)b_0J_m + \frac{1}{4}b_0^2J_m^2}}{b_0}$$

$$b_{12} = b_0$$

**NO APLICA**

Cuando  $L_s > L^*$ ,

$$J_m^* = \min \left[ J_{\max}, \frac{l_{\max}}{L^*} \right]$$

$$J_k^* = \frac{J_m^*}{2} + \frac{1 - \sqrt{1 + (1 - 2p_k)b_0J_m^* + \frac{1}{4}b_0^2J_m^{*2}}}{b_0}$$

$$J_m = \frac{J_m^* L^*}{L_s}$$

$$J_k = \frac{J_k^* L^*}{L_s}$$

$$b_{12} = 2 \left( \frac{p_k}{J_k} - \frac{1-p_k}{J_m - J_k} \right)$$

$$b_{11} = 4 \frac{1-p_k}{(J_m - J_k)J_k} - 2 \frac{p_k}{J_k^2}$$

$$b_{21} = -2 \frac{1 - p_k}{(J_m - J_k)^2}$$

$$b_{22} = -b_{21} J_m$$

NO APLICA

Longitud adimensional de la avería:

$$J = \frac{(x_2 - x_1)}{L_s}$$

Longitud normalizada de un compartimiento o grupo de compartimientos:

$J_n$  se considerará el valor menor de  $J$  y  $J_m$

1.1.1 Cuando ninguno de los límites del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide ni con el extremo popel ni con el extremo proel:

$$J \leq J_k:$$

$$p(x_1, x_2) = p_1 = \frac{1}{6} J^2 (b_{11} J + 3b_{12})$$

$$J > J_k:$$

$$p(x_1, x_2) = p_2 = -\frac{1}{3} b_{11} J_k^3 + \frac{1}{2} (b_{11} J - b_{12}) J_k^2 + b_{12} J J_k - \frac{1}{3} b_{21} (J_n^3 - J_k^3) + \frac{1}{2} (b_{21} J - b_{22}) (J_n^2 - J_k^2) + b_{22} J (J_n - J_k)$$

1.1.2 Cuando el límite popel del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide con el extremo popel, o el límite proel del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide con el extremo proel:

$$J \leq J_k:$$

$$p(x_1, x_2) = \frac{1}{2} (p_1 + J)$$

:



$$J > J_k$$

:

$$p(x_1, x_2) = \frac{1}{2}(p_2 + J)$$

1.1.3 Cuando el compartimiento o grupos de compartimientos considerados se extienden a lo largo de toda la eslora del buque ( $L_s$ )

$$p(x_1, x_2) = 1$$

1.2 El factor  $r(x_1, x_2, b)$  se determinará de conformidad con las siguientes fórmulas:

$$r(x_1, x_2, b) = 1 - (1 - C) \left( 1 - \frac{G}{p(x_1, x_2)} \right)$$

donde:

$$C = 12J_b(-45J_b + 4)$$

siendo:

$$J_b = \frac{b}{15B}$$

1.2.1 Cuando el compartimiento o grupos de compartimientos considerados se extienden a lo largo de toda la eslora del buque ( $L_s$ ):

$$G = G_1 = \frac{1}{2}b_{11}J_b^2 + b_{12}J_b$$

1.2.2 Cuando ninguno de los límites del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide ni con el extremo popel ni con el extremo proel

$$G = G_1 = -\frac{1}{3}b_{11}J_0^3 + \frac{1}{2}(b_{11}J - b_{12})J_0^2 + b_{12}JJ_0$$

donde:

$$J_0 = \min[J, J_b]$$



1.2.3 Cuando el límite popel del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide con el extremo popel, o el límite proel del compartimiento o grupo de compartimientos considerados coincide con el extremo proel:

$$G = \frac{1}{2}(G_2 + G_1J)$$

## Regla 7-2 Cálculo del factor $s_i$

1 Para cada caso de inundación hipotética que afecte a un compartimiento o grupo de compartimientos, el factor  $s_i$  se determinará utilizándose las notaciones siguientes y las disposiciones de la presente regla:

$\theta_e$  es el ángulo de escora de equilibrio, en grados, en cualquier etapa de la inundación;

$\theta_v$  es el ángulo, en cualquier etapa de la inundación, al que el brazo adrizante pasa a ser negativo, o el ángulo al que se sumerge una abertura que no puede cerrarse de manera estanca a la intemperie;

$GZ_{max}$  es el brazo adrizante positivo máximo, en metros, hasta el ángulo  $\theta_v$ ;

*Gama* es la gama, en grados, para la que los valores de los brazos adrizantes son positivos, medida a partir del ángulo  $\theta_e$ . La gama positiva se tendrá en cuenta hasta el ángulo  $\theta_v$ ;

*Etapas de inundación* es cualquiera de los estados diferenciados del proceso de inundación, incluida la etapa previa al equilibrado (de haberla) hasta que se alcance el equilibrio final;

1.1 Para cualquier caso de avería a partir de cualquier estado inicial de carga,  $d_i$ , el factor  $s_i$  se calculará con la siguiente fórmula:

$$s_i = \text{mínimo} \{ s_{intermedio,i} \text{ o } s_{final,i} * s_{mom,i} \}$$

donde:

$s_{intermedio,i}$  es la probabilidad de que se conserve la flotabilidad durante todas las etapas intermedias de inundación hasta alcanzar la etapa final de equilibrio, y se calcula de conformidad con el párrafo 2;

**NO APLICA**





$s_{final,i}$  es la probabilidad de que se conserve la flotabilidad en la etapa final de equilibrio de inundación. Se calcula de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 3;

$s_{mom,i}$  es la probabilidad de que se conserve la flotabilidad al experimentarse los momentos de escora, y se calcula de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 4.

**NO APLICA**

2 El factor  $s_{intermedio,i}$  solamente es aplicable a los buques de pasaje (en el caso de los buques de carga,  $s_{intermedio,i}$  se considerará igual a 1) y se utilizará el menor de los factores  $s$  calculados en todas las etapas de inundación, incluida la etapa previa al equilibrado, de haberla, y se calculará con la siguiente fórmula:

$$s_{intermedio,i} = \left( \frac{GZ_{m\acute{a}x} * gama}{0,05 * 7} \right)^{\frac{1}{4}}$$

donde  $GZ_{m\acute{a}x}$  no se considerará superior a 0,05 m y la  $gama$  no se considerará superior a 7°.  $s_{intermedio} = 0$  si el ángulo de escora intermedio supera los 15°. Cuando se exijan dispositivos de inundación compensatoria, el tiempo necesario para lograr el equilibrado no excederá de 10 min.

**NO APLICA**

3 El factor  $s_{final,i}$  se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s_{final,i} = K \left( \frac{GZ_{m\acute{a}x} * gama}{0,12 * 16} \right)^{\frac{1}{4}}$$

donde:

$GZ_{m\acute{a}x}$  no debe considerarse superior a 0,12 m;

$Gama$  no debe considerarse superior a 16°;

$K=1$  si  $\theta_e \leq \theta_{m\acute{a}x}$

$K=0$  si  $\theta_e \geq \theta_{m\acute{a}x}$

$$K = \sqrt{\frac{\theta_{\max} - \theta_e}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}} \quad \text{en cualquier otro caso}$$

donde:

$\theta_{\min}$  es igual a  $7^\circ$  en el caso de los buques de pasaje, y a  $25^\circ$  en el caso de los buques de carga; y

$\theta_{\max}$  es igual a  $15^\circ$  en el caso de los buques de pasaje, y a  $30^\circ$  en el caso de los buques de carga.

#### NO APLICA

4 El factor  $s_{mom, i}$  solamente es aplicable a los buques de pasaje (en el caso de los buques de carga, se supondrá que  $s_{mom, i}$  es igual a 1 y se calculará en el equilibrio final utilizando la siguiente fórmula:

$$s_{mom, i} = \frac{(GZ_{\max} - 0,04) \text{Desplazamiento}}{M_{escora}}$$

donde:

*Desplazamiento* es el desplazamiento sin avería en el calado de compartimentado;

$M_{escora}$  es el momento de escora máximo supuesto; se calcula como se indica en el apartado 4.1; y

$$s_{mom, i} \leq 1$$

4.1 El momento de escora,  $M_{escora}$ , se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$M_{escora} = \text{máximo} \{ M_{pasaje} \text{ o } M_{viento} \text{ o } M_{embarc. superv.} \}$$

4.1.1  $M_{pasaje}$  es el momento de escora máximo supuesto debido al movimiento de los pasajeros; se calcula del modo siguiente:

$$M_{pasaje} = (0,075 \cdot N_p) \cdot (0,45 \cdot B) \quad (\text{tm})$$

donde:

$N_p$  es el número máximo de pasajeros permitido a bordo en la condición de servicio correspondiente al calado máximo de compartimentado en cuestión; y



$B$  es la manga del buque.

Otra posibilidad es calcular el momento escorante partiendo del supuesto que la distribución de los pasajeros es la siguiente: 4 personas por metro cuadrado, en zonas de cubierta despejadas, a una banda del buque, en las cubiertas donde estén situados los puestos de reunión, de manera que produzcan el momento escorante más desfavorable. A tal fin, se supondrá una masa de 75 kg por persona.

4.1.2  $M_{viento}$  es la máxima fuerza supuesta debida al viento que actúa en una situación de avería:

$$M_{viento} = (P \cdot A \cdot Z) / 9806 \quad (\text{tm})$$

donde:

$$P = 120 \text{ N/m}^2;$$

$A$  = superficie lateral proyectada por encima de la línea de flotación;

$Z$  = distancia desde el centro de la zona lateral proyectada por encima de la línea de flotación hasta  $T/2$ ; y

$T$  = calado del buque,  $d_i$ .

4.1.3  $M_{Embarc.superv.}$  es el momento máximo de escora supuesto debido a la puesta a flote, por una banda, de todas las embarcaciones de supervivencia de pescante completamente cargadas. Se calcula utilizando los siguientes supuestos:

- .1 se supondrá que todos los botes salvavidas y botes de rescate instalados en la banda a la que queda escorado el buque después de sufrir la avería están zallados, completamente cargados y listos para ser arriados;
- .2 respecto de los botes salvavidas dispuestos para ser puestos a flote completamente cargados desde su posición de estiba, se tomará el momento escorante máximo que pueda producirse durante la puesta a flote;
- .3 se supondrá que, en cada pescante de la banda a la que queda escorado el buque después de sufrir la avería, hay una balsa salvavidas de pescante completamente cargada, zallada y lista para ser arriada;
- .4 las personas que no se hallen en los dispositivos de salvamento que están zallados no contribuirán a que aumente el momento escorante ni el momento adrizante; y
- .5 se supondrá que los dispositivos de salvamento situados en la banda opuesta a la que el buque queda escorado se hallan estibados.

**NO APLICA**



5 La inundación asimétrica deberá quedar reducida al mínimo compatible con la adopción de medidas eficaces. Cuando sea necesario corregir grandes ángulos de escora, los medios que se adopten serán automáticos en la medida de lo posible y, en todo caso, cuando se instalen mandos para los dispositivos de equilibrado, éstos deberán poder accionarse desde encima de la cubierta de cierre. Estos dispositivos, y sus mandos, necesitarán la aprobación de la Administración<sup>3</sup>. Se deberá facilitar al capitán del buque la información necesaria respecto de la utilización de los dispositivos de equilibrado.

5.1 Los tanques y compartimientos relacionados con dicho equilibrado estarán dotados de tubos de aireación o medios equivalentes cuya sección tenga un área suficiente para garantizar que no se retrase la entrada de agua en los compartimientos de equilibrado.

5.2 En todos los casos,  $s_i$  se considerará igual a cero cuando, con la flotación definitiva, teniendo en cuenta la inmersión, la escora y el asiento, se sumerge:

- .1 la parte inferior de las aberturas a través de las que puede producirse inundación progresiva, y dicha inundación no se tiene en cuenta en el cálculo del factor  $s_i$ . Dichas aberturas incluirán tubos de aireación, ventiladores y aberturas que se cierren mediante puertas estancas a la intemperie o tapas de escotilla; y
- .2 cualquier parte de la cubierta de cierre de los buques de pasaje considerada una vía de evacuación horizontal para cumplir lo dispuesto en el capítulo II-2.

5.3 El valor del factor  $s_i$  se considerará igual a cero si, teniendo en cuenta la inmersión, la escora y el asiento, se produce alguna de las siguientes circunstancias en cualquier etapa intermedia o en la etapa final de la inundación:

- .1 la inmersión de cualquier escotilla de evacuación vertical en la cubierta de cierre para cumplir lo dispuesto en el capítulo II-2;
- .2 cualesquiera mandos para el funcionamiento de las puertas estancas, los dispositivos de equilibrado, las válvulas de las tuberías o los conductos de ventilación destinados a mantener la integridad de los mamparos estancos desde encima de la cubierta de cierre resulten inaccesibles o inservibles;
- .3 la inmersión de cualquier parte de las tuberías o los conductos de ventilación que atraviesan un cerramiento estanco situado dentro de algún compartimiento incluido en los casos de avería que contribuyen al resultado del índice obtenido  $A$ , si no están dotados de medios de cierre estancos en cada cerramiento.

5.4 No obstante, cuando en los cálculos relativos a la estabilidad con avería se tengan en cuenta los compartimientos que se suponen inundados como resultado de la inundación

<sup>3</sup> Véase la recomendación sobre un método uniforme para evaluar los medios de inundación compensatoria, adoptada por la Organización mediante la resolución MSC.245(83) según pueda ser enmendada.



progresiva, se podrán determinar varios valores de  $S_{inermedio, i}$  suponiendo el equilibrado en distintas etapas de la inundación.

5.5 Salvo por lo que respecta a lo dispuesto en el párrafo 5.3.1, no será necesario considerar las aberturas que se cierren mediante tapas de registro y tapas a ras de cubierta estancas, pequeñas tapas de escotilla estancas, puertas estancas de corredera accionadas por telemando, portillos fijos ni puertas o tapas de escotilla de acceso estancas que deban permanecer cerradas durante la navegación.

6 Siempre que haya cerramientos estancos horizontales por encima de la flotación que se esté considerando, el valor de  $s$  para el compartimiento o grupo de compartimientos inferior se obtendrá multiplicando el valor obtenido según la fórmula del párrafo 1.1 por el factor de reducción  $v_m$  calculado con arreglo a la fórmula del párrafo 6.1, que representa la probabilidad de que los espacios situados por encima de la división horizontal no se inunden.

6.1 El factor  $v_m$  se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$v_m = v(H_{j, n, m}, d) - v(H_{j, n, m-1}, d)$$

donde:

$H_{j, n, m}$  es la altura mínima por encima de la línea base, en metros, dentro de la gama longitudinal de  $x1_{(j)} \dots x2_{(j+n-1)}$ , del cerramiento horizontal "m-ésimo" que se supone limita la extensión vertical de la inundación por lo que respecta a los compartimientos con avería considerados;

$H_{j, n, m-1}$  es la altura mínima por encima de la línea base, en metros, dentro de la gama longitudinal de  $x1_{(j)} \dots x2_{(j+n-1)}$ , del cerramiento horizontal "m-1-ésimo" que se supone limita la extensión vertical de la inundación por lo que respecta a los compartimientos con avería considerados;

$j$  es el extremo popel de los compartimientos con avería considerados;

$m$  representa cada cerramiento horizontal considerado, contado en sentido ascendente desde la flotación;

$d$  es el calado en cuestión tal como se define en la regla 2; y

$x1, x2$  representan los extremos del compartimiento o grupo de compartimientos considerados en la regla 7-1.

6.1.1 Los factores  $v(H_{j, n, m}, d)$  y  $v(H_{j, n, m-1}, d)$  se obtendrán mediante las siguientes fórmulas:

$$v(H, d) = 0,8 \frac{(H - d)}{7,8} \quad \text{si } (H - d) \text{ es igual o inferior a } 7,8 \text{ metros;}$$

$$v(H, d) = 0,8 + 0,2 \left( \frac{(H - d) - 7,8}{4,7} \right)$$



en todos los demás casos,

donde:

$v(H_{j, n, m}, d)$  se considerará igual a 1 si  $H_m$  coincide con el cerramiento estanco más alto del buque dentro de la gama  $(x1_{(j)}..x2_{(j+n-1)})$ , y

$v(H_{j, n, 0}, d)$  se considerará igual a 0.

En ningún caso se considerará que  $v_m$  es inferior a cero o superior a 1.

6.2 En general, cada contribución  $dA$  al índice  $A$  en el caso de las divisiones horizontales se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$dA = p_i \cdot [v_1 \cdot s_{\min 1} + (v_2 - v_1) \cdot s_{\min 2} + \dots + (1 - v_{m-1}) \cdot s_{\min m}]$$

donde:

$v_m =$  el valor  $v$  calculado según la fórmula del párrafo 6.1;

$s_{\min} =$  el factor  $s$  mínimo para todas las combinaciones de averías, obtenido cuando la avería supuesta se extiende desde su altura  $H_m$  en sentido descendente.

### Regla 7-3 Permeabilidad

1 A los efectos de los cálculos de compartimentado y estabilidad con avería de las presentes reglas, la permeabilidad de cada compartimiento o parte de compartimiento en general será la siguiente:

Espacios	Permeabilidad
Destinados a provisiones	0,60
Ocupados como alojamientos	0,95
Ocupados por maquinaria	0,85
Espacios perdidos	0,95
Destinados a líquidos	0 ó 0,95 <sup>4</sup>

2 A los efectos de los cálculos de compartimentado y estabilidad con avería de las presentes reglas, la permeabilidad de cada compartimiento o parte de compartimiento de carga será la siguiente:

Espacios	Permeabilidad en el calado:		
	$d_s$	$d_p$	$d_l$
Espacios de carga seca	0,70	0,80	0,95

<sup>4</sup> El valor que imponga los requisitos más rigurosos.



Espacios para contenedores	0,70	0,80	0,95
Espacios de carga rodada	0,90	0,90	0,95
Cargas líquidas	0,70	0,80	0,95

- 3 Podrán utilizarse otros valores para la permeabilidad si se justifican mediante cálculos.

### 1.3 Otras reglas del Capítulo II-1 del Convenio SOLAS que se han de tener en cuenta en lo relativo a compartimentado, integridad de estanquidad e integridad a la intemperie

#### 1.3.1 Regla 9 Dobles fondos en los buques de pasaje y en los buques de carga que no sean buques tanque

1 Se instalará un doble fondo que, en la medida compatible con las características de proyecto y la utilización correcta del buque, vaya del mamparo de colisión al mamparo del pique de popa.

2 En los casos en que se exija la instalación de un doble fondo, el techo del doble fondo se prolongará hasta los costados del buque de manera que proteja los fondos hasta la curva del pantoque. Se considerará que esta protección es suficiente si ningún punto del forro interior queda por debajo de un plano paralelo a la línea de quilla y que está situado, como mínimo, a una distancia vertical  $h$  medida desde la línea de quilla, calculada mediante la fórmula siguiente:

$$h = B/20$$

No obstante, en ningún caso el valor de  $h$  será inferior a 760 mm ni se considerará superior a 2 000 mm.

3 Los pozos pequeños contruidos en el doble fondo y destinados a las instalaciones de achique para bodegas y espacios análogos no tendrán más profundidad que la necesaria. Sin embargo, se permitirá que un pozo se extienda hasta el forro exterior en el extremo de popa del túnel del eje. La Administración podrá permitir otros pozos (para el aceite lubricante, por ejemplo bajo las máquinas principales) si estima que las disposiciones adoptadas dan una protección equivalente a la proporcionada por un doble fondo que cumpla con la presente regla. En ningún caso la distancia vertical desde el fondo de dicho pozo hasta un plano que coincida con la línea de quilla será inferior a 500 mm.

4 No será necesario instalar un doble fondo en las zonas de tanques estancos, incluidos los tanques de carga seca de dimensiones reducidas, a condición de que esto no vaya en detrimento de la seguridad del buque si se produce una avería en el fondo o en el costado.





5 Cualquier parte del buque que no lleve un doble fondo, de conformidad con los párrafos 1 ó 4, podrá hacer frente a las averías en el fondo que se describen en el párrafo 7.

6 En el caso de que el fondo tenga una disposición que sea poco habitual, se demostrará que el buque puede hacer frente a las averías en el fondo que se describen en el párrafo 7.

7 El cumplimiento de lo estipulado en los párrafos 5 ó 6 se logrará demostrando que  $s_i$ , calculado de conformidad con la regla 7-2 (Ver apartado 1.2.2), no es inferior a 1 en todas las condiciones de servicio tras una avería en el fondo supuesta en cualquier posición a lo largo del fondo del buque y con la extensión que se indica en el apartado .2 infra:

- .1 la inundación de tales espacios no inutilizará las fuentes de energía eléctrica esencial o de emergencia, el alumbrado, las comunicaciones internas, las señales u otros dispositivos de emergencia en otras partes del buque.
- .2 la extensión supuesta de la avería será la siguiente:

	Para $0,3 L$ desde la perpendicular de proa del buque	Cualquier otra parte del buque	.3
<b>Extensión longitudinal</b>	$1/3 L^{2/3}$ ó 14,5 m, si este segundo valor es menor.	$1/3 L^{2/3}$ ó 14,5 m, si este segundo valor es menor.	
<b>Extensión transversal</b>	$B/6$ ó 10 m, si este segundo valor es menor.	$B/6$ ó 5 m, si este segundo valor es menor.	
<b>Extensión vertical, medida desde la línea de la quilla.</b>	$B/20$ ó 2 m, si este segundo valor es menor.	$B/20$ ó 2 m, si este segundo valor es menor.	

Si cualquier avería de una extensión menor que la avería máxima especificada en el apartado .2 produce una condición más grave, tal avería deberá tenerse en cuenta.

8 En el caso de bodegas amplias bajas en buques de pasaje, la Administración podrá exigir una altura de doble fondo mayor, pero no superior a  $B/10$  ó 3 m, si este segundo valor es menor, calculada desde la línea de la quilla. Alternativamente, las averías en el fondo se podrán calcular para estas zonas, de conformidad con el párrafo 7, pero con una extensión vertical mayor.

### 1.3.2 Regla 10 Construcción de los mamparos estancos

1 Todo mamparo estanco de compartimentado, transversal o longitudinal, estará construido de manera que este provisto de un escantillonado y medios que impidan el paso del agua en cualquier sentido como consecuencia de la carga de agua, que puede producirse tanto con avería como sin ella. Con avería se considera que la peor situación de la carga de agua se da en la posición de equilibrio, incluidas las etapas intermedias de la





inundación. En todos los casos, los mamparos estancos de compartimentado podrán hacer frente, por lo menos, a la presión debida a una carga de agua que llegue hasta la cubierta de cierre.

2 Las bayonetas y los nichos de los mamparos estancos serán tan resistentes como la parte del mamparo en que se hallen situados.

### 1.3.3 Regla 12 Mamparos de los piques y de los espacios de máquinas, túneles de ejes, etc.

5

1 Se instalará un mamparo de colisión que será estanco hasta la cubierta de cierre. Este mamparo estará situado a una distancia de la perpendicular de proa no inferior a  $0,05L$  o a 10 m, si esta segunda magnitud es menor, y, salvo cuando la Administración permita otra cosa, dicha distancia no será superior a  $0,08L$  o  $0,05L + 3$  m, si esta segunda magnitud es mayor.

2 Cuando cualquier parte del buque que quede debajo de la flotación se prolongue por delante de la perpendicular de proa, como por ejemplo ocurre con una proa de bulbo, las distancias estipuladas en el párrafo 1 se medirán desde un punto situado:

- .1 a mitad de dicha prolongación;
- .2 a una distancia igual a  $0,015L$  por delante de la perpendicular de proa; o
- .3 a una distancia de 3 m por delante de la perpendicular de proa,

tomándose de esas medidas la menor.

3 El mamparo podrá tener bayonetas o nichos, a condición de que éstos no excedan de los límites establecidos en los párrafos 1 ó 2.

4 En el mamparo de colisión situado por debajo de la cubierta de cierre no habrá puertas, registros, aberturas de acceso, conductos de ventilación ni aberturas de ningún otro tipo.

5.1 Salvo en el caso previsto en el párrafo 5.2, el mamparo de colisión sólo podrá estar perforado, por debajo de la cubierta de cierre, por una tubería destinada a dar paso al fluido del pique de proa, y a condición de que dicha tubería esté provista de una válvula de cierre susceptible de ser accionada desde encima de la cubierta de cierre, con el cuerpo de la válvula asegurado al mamparo de colisión en el interior del pique de proa. La Administración podrá, no obstante, autorizar la instalación de esta válvula en el lado de popa del mamparo de colisión, a condición de que la válvula quede fácilmente accesible en todas las condiciones de servicio y que el espacio en que se halle situada no sea un espacio de carga. Todas las válvulas serán de acero, bronce u otro material dúctil aprobado. No se admitirán válvulas de hierro fundido corriente o de un material análogo.

<sup>5</sup> Véase la circular MSC/Circ.855: Interpretación de la ubicación de la perpendicular de proa.



5.2 Si el pique de proa está dividido de modo que pueda contener dos tipos distintos de líquidos, la Administración podrá permitir que el mamparo de colisión sea atravesado por debajo de la cubierta de cierre por dos tuberías, ambas instaladas de acuerdo con lo prescrito en el párrafo 5.1, a condición de que a juicio de la Administración no exista otra solución práctica que la de instalar una segunda tubería y que, habida cuenta del compartimentado suplementario efectuado en el pique de proa, se mantenga la seguridad del buque.

6 En los casos en que haya instalada una superestructura larga a proa, el mamparo de colisión se prolongará de forma estanca a la intemperie hasta la cubierta inmediatamente superior a la de cierre. No es necesario que esa prolongación vaya directamente encima del mamparo inferior, a condición de que quede situada dentro de los límites especificados en los párrafos 1 ó 2, exceptuando el caso permitido en el párrafo 7, y de que la parte de la cubierta que forma la bayoneta se haga efectivamente estanca a la intemperie. La prolongación se instalará de manera que evite la posibilidad de que la puerta de proa pueda dañarla en caso de que ésta sufra algún daño o se desprenda.

7 Cuando se instalen puertas de proa y una rampa de carga forme parte de la prolongación del mamparo de colisión por encima de la cubierta de cierre, la rampa será estanca a la intemperie en toda su longitud. La parte de dicha rampa que se halle a más de 2,3 m por encima de la cubierta de cierre podrá prolongarse por delante del límite especificado en los párrafos 1 ó 2. Las rampas que no cumplan las prescripciones supra no se considerarán una prolongación del mamparo de colisión.

8 Las aberturas que haya de haber en la prolongación del mamparo de colisión por encima de la cubierta de francobordo quedarán limitadas al menor número compatible con el proyecto del buque y con el servicio normal de éste. Todas ellas serán susceptibles de convertirse en estancas a la intemperie cuando queden cerradas.

9 Se instalarán mamparos estancos hasta la cubierta de cierre que separen a proa y a popa el espacio de máquinas de los espacios de carga.

10 En todos los casos las bocinas irán encerradas en espacios estancos de volumen reducido. A discreción de la Administración, podrán tomarse otras medidas para reducir al mínimo el riesgo de que entre agua en el buque en caso de avería que afecte a los medios de cierre de las bocinas.

#### **1.3.4 Regla 13-1 Aberturas en los mamparos estancos y en las cubiertas interiores estancas de los buques de carga**

1 El número de aberturas practicadas en los compartimientos estancos será el mínimo compatible con las características de proyecto y la utilización correcta del buque. Cuando sea necesario atravesar mamparos estancos y cubiertas interiores estancas para habilitar accesos o dar paso a tuberías, tubos de ventilación, cables eléctricos, etc., se dispondrán medios para mantener la integridad de estanquidad. La Administración podrá permitir unas condiciones de estanquidad menos estrictas en las aberturas situadas por encima de la cubierta de francobordo, siempre que se demuestre que puede contenerse fácilmente la



inundación progresiva y que no pelagra la seguridad del buque.

2 Las puertas instaladas para asegurar la integridad de estanquidad de las aberturas interiores que se utilicen mientras el buque esté en la mar, serán puertas estancas de corredera que podrán cerrarse por telemando desde el puente y también podrán accionarse *in situ* desde ambos lados del mamparo. El puesto de control estará provisto de indicadores que señalen si las puertas están abiertas o cerradas, y se instalará un dispositivo de alarma audible que suene cuando se esté cerrando la puerta. El suministro de energía, el sistema de control y los indicadores deberán seguir funcionando en caso de que falle la fuente de energía principal. Se pondrá especial empeño en reducir al mínimo el efecto de un fallo en el sistema de control. Todas las puertas estancas de corredera de accionamiento a motor estarán provistas de un mecanismo individual de accionamiento manual. Deberá ser posible abrirlas y cerrarlas a mano por ambos lados.

3 Las puertas de acceso y las tapas de escotilla de acceso que normalmente permanezcan cerradas mientras el buque esté en la mar y cuyo fin sea asegurar la integridad de estanquidad de aberturas interiores irán provistas de dispositivos indicadores *in situ* y en el puente que muestren si dichas puertas o tapas de escotilla están abiertas o cerradas. Se fijará un aviso en cada una de esas puertas o tapas de escotilla que indique que no debe dejarse abierta.

4 Si la Administración las considera esenciales, se podrán instalar puertas o rampas estancas cuya construcción sea satisfactoria, para compartimentar internamente espacios de carga de grandes dimensiones. Estas puertas o rampas podrán ser de bisagra o de corredera (con o sin ruedas) pero no de tipo telemandado<sup>6</sup>. Si durante el viaje algunas de estas puertas o rampas son accesibles, se instalarán en ellas dispositivos para impedir que nadie las abra sin autorización.

5 En cada uno de los otros dispositivos de cierre que se mantengan permanentemente cerrados mientras el buque esté en la mar para garantizar la integridad de estanquidad de las aberturas interiores, se fijará un aviso que indique que debe mantenerse cerrado. Los registros provistos de tapas sujetas con pernos muy juntos no necesitan ser señalizados de ese modo.

### 1.3.5 Regla 15 Aberturas en el forro exterior por debajo de la cubierta de francobordo

1 El número de aberturas practicadas en el forro exterior quedará reducido al mínimo compatible con las características de proyecto y la utilización correcta del buque.

2 La disposición y la eficacia de los medios de cierre utilizados para cualesquiera aberturas practicadas en el forro exterior guardarán armonía con la finalidad a que se destinen éstas y la posición que ocupen y, en términos generales, responderán a criterios que la Administración juzgue satisfactorios.

3.1 A reserva de lo prescrito en el Convenio internacional sobre líneas de carga que

<sup>6</sup> Véanse las Interpretaciones de las reglas del capítulo II-1, parte B-1, del Convenio SOLAS (Circular MSC/Circ.651).



haya en vigor, no se instalará ningún portillo en una posición tal que su borde inferior quede por debajo de una línea trazada en el costado del buque paralelamente a la cubierta de cierre y cuyo punto más bajo quede por encima del calado máximo de compartimentado a una distancia igual al 2,5% de la manga, o a 500 mm si este valor es superior.

3.2 Todos los portillos cuyo borde inferior quede debajo de la cubierta de francobordo conforme a lo permitido en el párrafo 3.1 estarán contruidos de un modo tal que nadie pueda abrirlos sin permiso del capitán.

4 En todos los portillos se instalarán tapas ciegas de bisagra de accionamiento seguro, dispuestas de modo que sea posible cerrarlas y asegurarlas con facilidad y firmeza, haciéndolas estancas, aunque a popa de un octavo de la eslora del buque desde la perpendicular de proa y por encima de una línea trazada en el costado del buque paralelamente a la cubierta de cierre y cuyo punto más bajo esté a una altura de 3,7 m más el 2,5% de la manga del buque por encima del calado máximo de compartimentado.

5.1 No se instalarán portillos en ninguno de los espacios destinados exclusivamente al transporte de carga o carbón.

5.2 Sin embargo, podrá haber portillos en los espacios destinados al transporte alternativo de carga, pero estarán contruidos de un modo tal que nadie pueda abrirlos ni abrir sus tapas ciegas sin permiso del capitán.

6 No se instalarán portillos de ventilación automática en el forro exterior por debajo de la cubierta de francobordo sin autorización especial de la Administración.

7 Se reducirá al mínimo el número de imbornales, descargas de aguas sucias y aberturas análogas practicadas en el forro exterior, ya utilizando cada abertura para tantas tuberías de aguas sucias y conductos de otros tipos como sea posible, ya recurriendo a otra modalidad satisfactoria.

8.1 Todas las tomas y descargas practicadas en el forro exterior irán provistas de medios eficaces y accesibles que impidan la entrada accidental de agua en el buque.

8.2.1 A reserva de lo prescrito en el Convenio internacional sobre líneas de carga que haya en vigor, y exceptuando lo estipulado en el párrafo 8.3, toda descarga separada que atraviese el forro exterior desde espacios situados por debajo de la cubierta de francobordo estará provista de una válvula automática de retención dotada de un medio positivo de cierre situado por encima de la cubierta de cierre, o bien de dos válvulas automáticas de retención sin medios positivos de cierre, a condición de que la válvula interior esté situada por encima del calado máximo de compartimentado de modo que sea siempre accesible a fines de examen en circunstancias normales de servicio. Cuando se instale una válvula dotada de medios positivos de cierre, su posición de accionamiento, situada por encima de la cubierta de cierre, será siempre fácilmente accesible, y habrá indicadores que señalen si la válvula está abierta o cerrada.

8.2.2 Se aplicará lo prescrito en el Convenio internacional sobre líneas de carga que haya



en vigor a las descargas que atraviesen el forro exterior desde espacios situados por encima de la cubierta de francobordo de los buques de carga.

8.3 Las tomas de mar y descargas principales y auxiliares del espacio de máquinas que sirvan para el funcionamiento de las máquinas estarán provistas de válvulas fácilmente accesibles e intercaladas entre las tuberías y el forro exterior o entre las tuberías y las cajas fijadas al forro exterior. En los espacios de máquinas con dotación, las válvulas podrán regularse desde el punto en que estén emplazadas e irán provistas de indicadores que señalen si están abiertas o cerradas.

8.4 Las piezas móviles que atraviesen la chapa del forro exterior situada debajo del calado máximo de compartimentado estarán dotadas de obturadores estancos que la Administración juzgue satisfactorios. El prensaestopas interior estará situado dentro de un espacio estanco de un volumen tal que, si se inunda, la cubierta de cierre no quedará sumergida. La Administración podrá prescribir que si tal compartimiento está inundado, los dispositivos destinados a servicios esenciales o de emergencia de conducción de fuerza, alumbrado, comunicaciones interiores, señales u otros dispositivos de emergencia puedan seguir utilizándose en otras partes del buque.

8.5 Todos los accesorios y válvulas del forro exterior prescritos en la presente regla serán de acero, bronce u otro material dúctil aprobado. No se aceptarán válvulas de hierro fundido común ni de otros materiales análogos. Todas las tuberías a las que se hace referencia en la presente regla serán de acero o de otro material equivalente que la Administración juzgue satisfactorio.

9 Los portalones y las portas de carga y de aprovisionamiento de combustible instalados por debajo de la cubierta de francobordo de los buques de carga serán estancos y no estarán situados en ningún caso de modo que su punto más bajo quede por debajo del calado máximo de compartimentado.

10.1 La abertura interior de cada vertedor de cenizas, basuras, etc., irá provista de una tapa eficaz.

10.2 Si estas aberturas interiores están situadas por debajo de la cubierta de francobordo de los buques de carga, la tapa citada será estanca y, además, en el vertedor habrá una válvula automática de retención colocada en lugar accesible, por encima del calado máximo de compartimentado.

### **1.3.6 Regla 15-1 Aberturas exteriores en los buques de carga**

1 Los cierres de todas las aberturas exteriores que den a compartimientos que se suponen intactos en el análisis de averías y que queden por debajo de la flotación final con avería deberán ser estancos.

2 Los cierres de aberturas exteriores que deban ser estancos de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 1, salvo en el caso de las tapas de las escotillas de carga, irán provistos de indicadores en el puente.



3 Las aberturas practicadas en el forro exterior que se encuentren por debajo de la cubierta que limita la extensión vertical de la avería estarán provistas de dispositivos para impedir que nadie las abra sin autorización si durante el viaje son accesibles.

4 En cada uno de los otros dispositivos de cierre que se mantengan permanentemente cerrados mientras el buque esté en la mar para garantizar la integridad de estanquidad de aberturas exteriores se fijará un aviso que indique que debe mantenerse cerrado. Los registros provistos de tapas sujetas con pernos muy juntos no necesitan ser señalizados de ese modo.

#### **1.3.7 Regla 24 Prevención y control de la entrada de agua, etc. en los buques de carga**

1 Las aberturas practicadas en el forro exterior que se encuentren por debajo de la cubierta que limita la extensión vertical de la avería estarán permanentemente cerradas mientras el buque esté en la mar.

2 No obstante lo dispuesto en el párrafo 3, la Administración podrá autorizar la apertura de determinadas puertas a discreción del capitán si ello es necesario para las operaciones del buque y siempre que no peligre la seguridad de éste.

3 Las puertas o rampas estancas instaladas para compartimentar internamente espacios de carga de grandes dimensiones se cerrarán antes de que empiece el viaje y se mantendrán cerradas durante la navegación; la hora de apertura de dichas puertas en puerto y la de cierre antes de que el buque salga del puerto se anotarán en el diario de navegación.

4 La utilización de las puertas de acceso y las tapas de escotilla cuyo fin sea garantizar la integridad de estanquidad de las aberturas interiores será autorizada por el oficial de guardia.





Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de  
longitudinal



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia



## 2 Condiciones de carga.

### 2.1 Plena carga salida (1400mL de trailers y 500 TEUs) y 100% provisiones y consumos.

#### 2.1.1 ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA

Nº TOTAL TEU	500
TOTAL TEU (t)	3805
XG (m)	87,199
YG (m)	0,000
ZG(m)	17,902

	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Contenedores	3805	87,20	331792,86	0,00	0,00	17,90	68117,61
Trailers	2800,382	80,57	225626,45	0,00	0,00	9,02	25258,84
TOTAL	6605,382	84,39	557419,32	0,00	0,00	14,14	93376,45

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		0	0	0	0	0					0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Ref x 2,733 L contenedor 6,096 B contenedor 2,438 D contenedor 2,591 D a cubierta expuesta 14,14 P medio TEU 7,61



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de

UPM - ETSIN

Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Trailers sobre cubierta principal	2115	74,722	158043	0	0	10,4	21997
Trailers en bodega	685	98,617	67583	0	0	4,76	3262
<b>TOTAL</b>	<b>2800</b>	<b>80,570</b>	<b>225626</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,020</b>	<b>25259</b>





Coordenada XG



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		11,877	17,973	24,069	30,165	36,261					66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18
-0,315	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18
-0,315	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18
-0,315	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99		
-0,315	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18
-0,315	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18
	5,781	11,877	17,973	24,069	30,165	36,261	42,357	48,453	54,549	60,645	66,741	72,837	78,933	85,029	91,125	97,221	103,32	109,41	115,51	121,61	127,7	133,8	139,89	145,99	152,09	158,18

Coordenada YG



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533	-8,533
-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095	-6,095
-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657	-3,657
-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219	-1,219		
1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219
3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657	3,657
6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095	6,095
	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533	8,533

Coordenada ZG



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		14,14	14,14	14,14	14,14	14,14					14,14	16,731	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	16,731	16,731	16,731	16,731
14,14	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	16,731	16,731	16,731	16,731
14,14	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	19,322	19,322	16,731	16,731	16,731
14,14	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	19,322	19,322	16,731	16,731	
14,14	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	19,322	19,322	16,731	16,731	16,731
14,14	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	16,731	16,731	16,731	16,731
	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	16,731	16,731	16,731	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	18,027	16,731	16,731	16,731	16,731



P x XG (txm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
		0	0	0	0	0					0	1108,6	1201,4	1294,1	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	2915,4	3054,6	2129,2	2222	2314,7	2407,5	$\Sigma P_{ij} \cdot XG_{ij} = 331793$
0	87,987	180,77	273,55	366,33	459,11	551,89	644,67	737,45	830,24	923,02	1015,8	1108,6	1201,4	1941,2	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	2915,4	3054,6	2129,2	2222	2314,7	2407,5	
0	87,987	180,77	410,32	549,5	688,67	827,84	967,01	1106,2	1245,4	1384,5	1523,7	1662,9	1802	1941,2	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	3887,2	4072,8	2129,2	2222	2314,7	2407,5	
0	87,987	180,77	410,32	549,5	688,67	827,84	967,01	1106,2	1245,4	1384,5	1523,7	1662,9	1802	2588,3	2773,8	2959,4	3145	3330,5	3516,1	3701,7	3887,2	4072,8	2129,2	2222			
0	87,987	180,77	410,32	549,5	688,67	827,84	967,01	1106,2	1245,4	1384,5	1523,7	1662,9	1802	2588,3	2773,8	2959,4	3145	3330,5	3516,1	3701,7	3887,2	4072,8	2129,2	2222			
0	87,987	180,77	410,32	549,5	688,67	827,84	967,01	1106,2	1245,4	1384,5	1523,7	1662,9	1802	1941,2	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	3887,2	4072,8	2129,2	2222	2314,7	2407,5	
0	87,987	180,77	273,55	366,33	459,11	551,89	644,67	737,45	830,24	923,02	1015,8	1108,6	1201,4	1941,2	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	2915,4	3054,6	2129,2	2222	2314,7	2407,5	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1108,6	1201,4	1294,1	2080,4	2219,6	2358,7	2497,9	2637,1	2776,2	2915,4	3054,6	2129,2	2222	2314,7	2407,5	

P x YG (txm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	$\sum P_{ij} \cdot YG_{ij} = 0$		
		0	0	0	0	0					0	-129,9	-129,9	-129,9	-194,8	-194,8	-194,8	-194,8	-194,8	-194,8	-194,8	-194,8	-129,9	-129,9	-129,9	-129,9			
0	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-139,1	-92,77	-92,77	-92,77	-92,77			
0	-55,66	-55,66	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-83,49	-111,3	-111,3	-55,66	-55,66	-55,66		-55,66	
0	-18,55	-18,55	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-27,83	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-37,11	-18,55	-18,55					
0	18,553	18,553	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	37,106	37,106	37,106	37,106	37,106	37,106	37,106	37,106	37,106	18,553	18,553					
0	55,66	55,66	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	83,489	111,32	111,32	55,66	55,66	55,66		55,66	
0	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	92,766	139,15	139,15	139,15	139,15	139,15	139,15	139,15	139,15	139,15	92,766	92,766	92,766	92,766			
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129,87	129,87	129,87	194,81	194,81	194,81	194,81	194,81	194,81	194,81	194,81	129,87	129,87	129,87	129,87			

P x ZG (txm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
		0	0	0	0	0					0	254,65	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	254,65	254,65	254,65	254,65	$\Sigma P_{ij} \cdot ZG_{ij} = 68118$
0	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	254,65	254,65	254,65	254,65	
0	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	254,65	254,65	254,65	254,65	
0	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	254,65	254,65			
0	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	254,65	254,65			
0	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	588,16	254,65	254,65	254,65	254,65	
0	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	254,65	254,65	254,65	254,65	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	254,65	254,65	254,65	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	411,54	254,65	254,65	254,65	254,65	



## 2.1.2 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,780	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,170	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,420	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,740	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,060	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,380	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,700	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,020	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,340	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,660	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,980	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,300	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,620	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,940	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,260	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,580	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,900	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,220	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,610	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,930	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,250	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,500	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,500	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	28,000	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,100	0,000	3,190	0,000
mro pp ccm	1	11,110	11,110	35,000	0,000	5,270	0,000
mro pr ccm	1	14,680	14,680	60,890	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,500	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,630	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,490	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,490	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,490	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,490	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,500	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,500	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	150,000	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	125,000	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	54,000	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	49,000	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	47,000	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,300	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,410	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,100	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	61,000	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	63,000	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,230	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	10,000	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,500	152,500	135,000	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	158,000	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	0,000	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	139,000	0,000	22,450	0,000
Equipo CI	1	51,150	51,150	82,000	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,500	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	155,000	0,000	14,000	0,000
tapa Rampa	1	30,760	30,760	50,000	0,000	8,500	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,900	0,000	13,250	0,000
Puertas Acero	1	2,520	2,520	155,000	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	155,000	0,000	21,500	0,000
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	140,000	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,500	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	160,000	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,200	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	168,000	0,000	20,000	0,000
DC_1B	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2B	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3B	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2E	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3E	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	98%	324,907	318,409	62,559	0,000	5,624	0,000
FO1_DFB	98%	96,802	94,866	67,197	-5,775	2,044	0,000
FO1_DFC	98%	118,086	115,724	67,197	0,000	2,044	0,000
FO1_DFE	98%	101,897	99,859	67,197	5,775	2,044	0,000
FO2_DFB	98%	113,165	110,902	80,500	-5,775	2,044	0,000
FO2_DFC	98%	131,144	128,521	80,500	0,000	2,044	0,000
FO2_DFE	98%	113,165	110,902	80,500	5,775	2,044	0,000
TA_DO	98%	57,865	56,708	59,254	0,000	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	-7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	-5,450	7,888	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	5,450	7,888	0,000
TSD_DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD_DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD_FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD_FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	98%	72,065	70,623	60,329	0,000	4,444	0,000
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOS COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOS ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	98%	106,168	104,045	165,010	0,000	10,687	0,000
TankPIQUEPROA	0%	217,024	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	1	2,000	2,000	150,136	0,000	19,650	0,000
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,630	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,110	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	84,000	0,000	11,550	0,000
WB1_PB	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
WB1_PE	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	0%	95,626	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	0%	106,534	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFB	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFC	0%	248,774	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFE	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4B	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4C	0%	246,791	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4E	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	0%	236,849	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	0%	216,280	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Bodega.Carril Trailers 3 Babor	20	2,000	40,000	73,648	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 2 Babor	68	2,000	136,000	97,411	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 1 Babor	84	2,000	168,000	105,548	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 1 Estrib	84	2,000	168,000	105,548	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 2 Estrib	68	2,000	136,000	97,411	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 3 Estrib	20	2,000	40,000	73,648	0,000	4,760	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 3 Ba	136	2,000	272,000	66,777	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 2 Ba	165	2,000	330,000	81,441	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 1 Ba	151	2,000	302,000	74,289	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers C Ba	153	2,000	306,000	75,140	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 1 Ba	151	2,000	302,000	74,289	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 2 Ba	165	2,000	330,000	81,441	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 3 Ba	136	2,000	272,000	66,833	0,000	10,400	0,000
TEUs	1	0,000	0,000	-0,315	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	5,781	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	11,877	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	17,973	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	24,069	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	30,165	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	36,261	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	42,357	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	48,453	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	54,549	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	60,645	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	66,741	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	152,200	152,200	72,837	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	152,200	152,200	78,933	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	182,640	182,640	85,029	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	91,125	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	97,221	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	103,317	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	109,413	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	115,509	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	121,605	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	213,080	213,080	127,701	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	213,080	213,080	133,797	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	139,893	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	145,989	0,000	17,902	0,000



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
TEUs	1	91,320	91,320	152,085	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	158,181	0,000	17,902	0,000
<b>Total Loadcase</b>			<b>15526,047</b>	<b>83,538</b>	<b>0,001</b>	<b>10,123</b>	<b>0,000</b>
<b>FS correction</b>						<b>0,000</b>	
<b>VCG fluid</b>						<b>10,123</b>	



### 2.1.3 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA ( Plena carga salida (1400mL de trailers y 500 TEUs) y 100% provisiones y consumos)							
Item Name		Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>				7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>	Trailers			2802	80,588	0,000	9,015
	Contenedores			3805	87,199	0,000	17,902
	<b>Total</b>			<b>6607</b>	<b>84,395</b>	<b>0,000</b>	<b>14,133</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>							
<b>FUEL OIL (HFO)</b>	FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	324,907	318	62,559	0,000	5,624
	FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	96,802	95	67,197	-5,775	2,044
	FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	118,086	116	67,197	0,000	2,044
	FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	101,897	100	67,197	5,775	2,044
	FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	-5,775	2,044
	FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	131,144	129	80,500	0,000	2,044
	FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	5,775	2,044
	TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225	7,888
	TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225	7,888
	Tsed (Tanque Sedimentación)	98%	72,065	71	60,329	0,000	4,444
	<b>Total</b>		<b>1137</b>	<b>1114</b>	<b>68,918</b>	<b>0,026</b>	<b>3,556</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>		98%	9,615	9	43,797	-1,250	1,088
<b>DIESEL OIL</b>	TA_DO (tanque almacen Diesel Oil)	98%	132,821	130	59,573	0,000	5,118
	TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	-1,225	7,888
	TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	1,225	7,888
	<b>Total</b>		<b>139,735</b>	<b>136,9</b>	<b>59,021</b>	<b>0,000</b>	<b>5,255</b>
<b>ACEITE</b>							
ACEITE MOTOR, L03P		98%	8,407	8	53,117	-5,408	0,758
ACEITE MOTOR, L03S		98%	9,052	9	52,909	3,935	0,746
ALM. ACE. SUCIO, L001		98%	6,922	7	53,594	0,000	1,088
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)		98%	6,922	7	51,394	0,000	1,088
REBOSES ACEITE, V007		98%	9,367	9	43,797	1,250	1,088
<b>LASTRE</b>			6654,8	0,0	0	0	0
<b>OTROS</b>							
AGUA CILINDROS		98%	5,040	5	56,194	0,000	1,088
AGUAS ACEITOSAS		98%	13,593	13	47,894	0,000	1,088
Tanque lodos babor, V003		98%	1,175	1	34,375	-0,500	4,005
Tanque lodos estribor, V004		98%	1,175	1	34,375	0,500	4,005
T_AD (tanque agua dulce)		98%	106,168	104	165,010	0,000	10,687
Viveres 4kg/persona-día		100%	2,000	2	150,136	0,000	19,650
Cargos y pertrechos		1,0	2,000	2	139,630	0,000	22,450
Tripulación 100-125kg/persona				3	152,110	0,000	26,125
Elementos de estiba				70	84,000	0,000	11,550
Tanque Antiescora B		0%	91,195	0	0,013	0,000	0,000
Tanque Antiescora E		0%	91,195	0	0,013	0,000	0,000
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>				8109	82,622524	0,002328562	12,3592689
<b>PESO EN ROSCA</b>				7417	84,539	0,000	7,677
<b>TOTAL</b>				<b>15526</b>	<b>83,538</b>	<b>0,001</b>	<b>10,123</b>



## 2.1.4 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

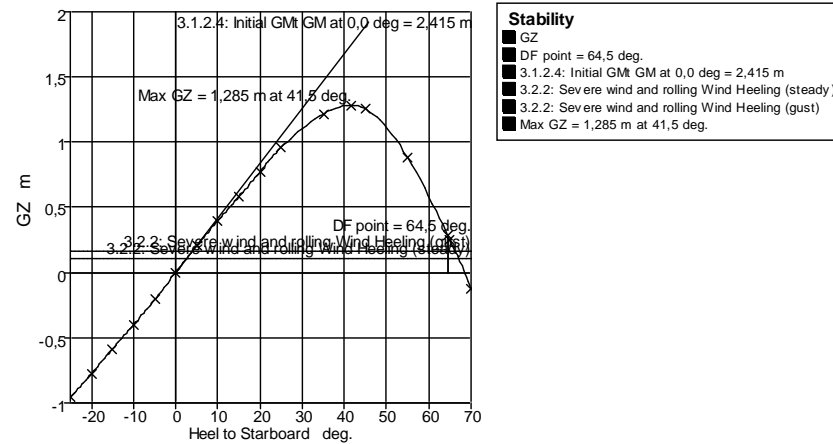
Equilibrium condition	
Draft Amidships m	6,180
Displacement t	15526
Heel deg	0,0
Draft at FP m	6,037
Draft at AP m	6,323
Draft at LCF m	6,195
Trim (+ve by stern) m	0,286
WL Length m	174,810
Beam max extents on WL m	22,904
Wetted Area m <sup>2</sup>	4783,653
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3467,209
Prismatic coeff. (Cp)	0,630
Block coeff. (Cb)	0,599
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,866
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	83,521
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,866
KB m	3,557
KG fluid m	10,123
BMt m	8,981
BML m	460,954
GMt corrected m	2,416
GML m	454,389
KMt m	12,538
KML m	464,511
Immersion (TPc) tonne/cm	35,539
MTc tonne.m	414,462
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	654,534
Max deck inclination deg	0,0961
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0961

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,775
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		7,851
DF point	Downflooding point	11,508





## 2.1.5 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	-25,0	-20,0	-15,0	-10,0	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	70,0
GZ m	-0,960	-0,775	-0,586	-0,399	-0,207	-0,001	0,204	0,396	0,583	0,773	0,958	1,219	1,255	0,880	0,254	-0,125
Displacement t	15530	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15526	15519	15527	15526	15526
Draft at AP m	5,570	5,825	6,023	6,175	6,280	6,322	6,280	6,175	6,023	5,825	5,569	4,779	3,440	1,551	-1,579	-4,324
Draft at FP m	5,999	6,053	6,071	6,066	6,049	6,038	6,049	6,065	6,071	6,053	5,998	5,672	4,971	3,998	2,456	1,239
WL Length m	178,656	178,200	174,776	174,780	174,797	174,809	174,797	174,780	174,776	178,202	178,659	179,361	179,664	179,655	179,485	179,337
Beam max extents on WL m	24,479	24,226	23,722	23,276	22,998	22,904	22,998	23,276	23,722	24,226	24,478	22,939	19,963	17,234	16,268	16,205
Wetted Area m^2	4668,12	4671,06	4682,72	4705,491	4745,265	4783,609	4745,266	4705,494	4682,732	4671,063	4667,613	4637,181	4683,084	4694,691	4632,297	4632,895
Waterpl. Area m^2	3352,75	3359,07	3364,83	3383,815	3425,557	3467,133	3425,555	3383,817	3364,843	3359,076	3352,525	3314,401	3099,951	2790,481	2541,258	2451,551
Prismatic coeff. (Cp)	0,660	0,646	0,646	0,637	0,632	0,630	0,632	0,637	0,646	0,646	0,660	0,690	0,708	0,719	0,725	0,729
Block coeff. (Cb)	0,378	0,404	0,449	0,496	0,551	0,599	0,551	0,496	0,449	0,404	0,378	0,375	0,422	0,491	0,535	0,549
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	83,551	83,546	83,540	83,534	83,529	83,527	83,529	83,533	83,539	83,546	83,553	83,568	83,585	83,601	83,611	83,622
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	81,337	80,383	79,359	78,228	76,898	75,870	76,899	78,228	79,358	80,383	81,338	82,974	83,990	85,234	87,599	88,457
Max deck inclination deg	25,0003	20,0001	15,0000	10,0001	5,0006	0,0954	5,0006	10,0001	15,0000	20,0001	25,0003	35,0008	45,0012	55,0014	65,0013	70,0013
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1444	-0,0770	-0,0162	0,0367	0,0777	0,0954	0,0776	0,0367	-0,0162	-0,0769	-0,1446	-0,3008	-0,5154	-0,8235	-1,3581	-1,8719



Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 143,001 m)		37,5
Deck Edge (immersion pos = 143,001 m)		37,8
DF point	Downflooding point	64,5

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	68,5	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,3031	Pass	+451,03
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	64,5	deg			
	angle of vanishing stability	68,5	deg			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	0,5142	Pass	+471,37
	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	64,5	deg			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	angle of vanishing stability	68,5	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,2112	Pass	+603,90
	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	41,5	deg	41,5		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	1,285	Pass	+542,50
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	41,5		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	41,5	Pass	+66,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	2,415	Pass	+1510,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Wind arm: $a = P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,99966				
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	14,000	m			
	total area: $A =$	3000,000	m <sup>2</sup>			
	$H =$ mean draft / 2	3,090	m			
	cosine power: $n =$	0				
	gust ratio	1,5				
	Area2 integrated to the lesser of					
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-22,4)	deg	-22,4		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	angle of max. GZ	41,5	deg	41,5		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	2,6	Pass	+83,75
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	6,97	Pass	+91,29
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	246,47	Pass	+146,47
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,108		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	2,6		



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



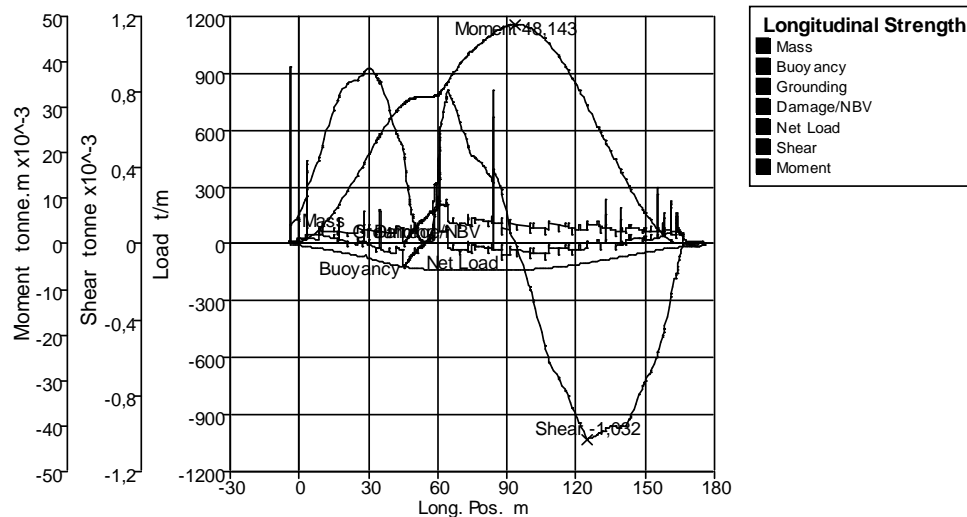
Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	4,0		
	Deck edge immersion angle		deg	37,8		
	Area1 (under GZ), from 4,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,7243		
	Area1 (under HA), from 4,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,1306		
	Area1, from 4,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,5937		
	Area2 (under GZ), from -22,4 to 4,0 deg.		m.rad	-0,1663		
	Area2 (under HA), from -22,4 to 4,0 deg.		m.rad	0,0746		
	Area2, from -22,4 to 4,0 deg.		m.rad	0,2409		



## 2.1.6 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne x10 <sup>-3</sup>	Moment tonne.m x10 <sup>-3</sup>
st 1	3,784	48,426	-16,462	0,000	0,000	31,964	0,308	1,328
st 2	12,104	68,079	-29,411	0,000	0,000	38,668	0,607	5,011
st 3	20,424	61,479	-48,299	0,000	0,000	13,180	0,837	11,155
st 4	28,744	75,061	-61,659	0,000	0,000	13,402	0,916	18,393
st 5	37,064	63,012	-98,636	0,000	0,000	-35,625	0,793	25,733
st 6	45,384	9,778	-119,365	0,000	0,000	-109,586	0,460	30,967
st 7	53,704	126,491	-132,419	0,000	0,000	-5,928	0,007	32,263
st 8	62,024	205,285	-138,646	0,000	0,000	66,639	0,664	33,926
st 9	70,344	108,144	-140,690	0,000	0,000	-32,546	0,620	39,959
st 10	78,664	127,415	-140,915	0,000	0,000	-13,500	0,430	44,123
st 11	86,984	107,902	-139,910	0,000	0,000	-32,008	0,306	47,213
st 12	95,304	103,122	-136,991	0,000	0,000	-33,870	-0,053	48,101
st 13	103,624	83,213	-131,160	0,000	0,000	-47,947	-0,402	46,297
st 14	111,944	99,357	-121,762	0,000	0,000	-22,406	-0,699	41,486
st 15	120,264	77,250	-108,471	0,000	0,000	-31,220	-0,909	34,849
st 16	128,584	99,320	-91,833	0,000	0,000	7,487	-1,010	26,571
st 17	136,904	63,913	-73,418	0,000	0,000	-9,505	-0,959	18,422
st 18	145,224	83,885	-55,066	0,000	0,000	28,820	-0,864	10,585
st 19	153,544	63,562	-36,741	0,000	0,000	26,821	-0,638	4,383
st 20	161,864	64,688	-19,525	0,000	0,000	45,163	-0,231	0,580
st 21	170,184	11,925	-15,584	0,000	0,000	-3,659	-0,004	0,043

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,775
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		7,851
DF point	Downflooding point	11,508



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de  
longitudinal



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia



## 2.2 Plena carga salida (500 TEUs) y 100% provisiones y consumos.

### 2.2.1 ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA

Nº TOTAL TEU	500
TOTAL TEU (t)	6400
XG (m)	81,493
YG (m)	0,000
ZG(m)	17,757

	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Contenedores	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03
Trailers	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		0	0	0	0	0					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2		
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2		
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Ref x 2,733 L contenedor 6,096 B contenedor 2,438 D contenedor 2,591 D a cubierta expuesta 14,14 P medio TEU 12,8



## 2.2.2 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,780	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,170	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,420	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,740	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,060	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,380	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,700	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,020	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,340	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,660	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,980	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,300	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,620	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,940	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,260	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,580	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,900	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,220	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,610	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,930	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,250	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,500	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,500	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	28,000	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,100	0,000	3,190	0,000
mro pp ccomm	1	11,110	11,110	35,000	0,000	5,270	0,000
mro pr ccomm	1	14,680	14,680	60,890	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,500	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,630	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,490	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,490	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,490	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,490	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,500	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,500	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	150,000	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	125,000	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	54,000	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	49,000	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	47,000	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,300	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,410	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,100	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	61,000	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	63,000	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,230	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	10,000	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,500	152,500	135,000	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	158,000	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	0,000	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	139,000	0,000	22,450	0,000
Equipo CI	1	51,150	51,150	82,000	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,500	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	155,000	0,000	14,000	0,000
tapa Rampa	1	30,760	30,760	50,000	0,000	8,500	0,000
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,900	0,000	13,250	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Puertas Acero	1	2,520	2,520	155,000	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	155,000	0,000	21,500	0,000
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	140,000	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,500	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	160,000	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,200	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	168,000	0,000	20,000	0,000
DC_1B	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2B	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3B	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2E	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3E	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	98%	324,907	318,409	62,559	0,000	5,624	0,000
FO1_DFB	98%	96,802	94,866	67,197	-5,775	2,044	0,000
FO1_DFC	98%	118,086	115,724	67,197	0,000	2,044	0,000
FO1_DFE	98%	101,897	99,859	67,197	5,775	2,044	0,000
FO2_DFB	98%	113,165	110,902	80,500	-5,775	2,044	0,000
FO2_DFC	98%	131,144	128,521	80,500	0,000	2,044	0,000
FO2_DFE	98%	113,165	110,902	80,500	5,775	2,044	0,000
TA_DO	98%	57,865	56,708	59,254	0,000	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	-7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	-5,450	7,888	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	5,450	7,888	0,000
TSD DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	98%	72,065	70,623	60,329	0,000	4,444	0,000
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOSOS COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOSOS ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	98%	106,168	104,045	165,010	0,000	10,687	0,000
TankPIQUEPROA	98%	217,024	212,683	168,017	0,000	4,450	0,000
Viveres 4kg/persona-día	1	2,000	2,000	150,136	0,000	19,650	0,000
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,630	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,110	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	84,000	0,000	11,550	0,000
WB1_PB	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_PE	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000





Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	0%	95,626	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	0%	106,534	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFB	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFC	0%	248,774	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFE	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4B	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4C	0%	246,791	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4E	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	0%	236,849	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	0%	216,280	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TEUs	1	0,000	0,000	-0,315	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	5,781	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	11,877	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	17,973	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	24,069	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	30,165	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	36,261	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	42,357	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	48,453	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	54,549	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	60,645	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	66,741	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	72,837	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	78,933	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	85,029	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	91,125	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	97,221	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	103,317	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	109,413	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	115,509	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	121,605	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	127,701	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	133,797	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	204,800	204,800	139,893	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	204,800	204,800	145,989	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	153,600	153,600	152,085	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	153,600	153,600	158,181	0,000	17,757	0,000
<b>Total Loadcase</b>			<b>15531,731</b>	<b>83,488</b>	<b>0,001</b>	<b>11,485</b>	<b>0,000</b>
<b>FS correction</b>						<b>0,000</b>	
<b>VCG fluid</b>						<b>11,485</b>	



### 2.2.3 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA (Plena carga salida (500 TEUs) y 100% provisiones y consumos).						
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>						
Trailers			0	0,000	0,000	0,000
Contenedores			6400	81,493	0,000	17,757
<b>Total</b>			<b>6400</b>	<b>81,493</b>	<b>0,000</b>	<b>17,757</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>						
<b>FUEL OIL (HFO)</b>	FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	324,907	318	62,559	0,000
	FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	96,802	95	67,197	-5,775
	FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	118,086	116	67,197	0,000
	FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	101,897	100	67,197	5,775
	FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	-5,775
	FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	131,144	129	80,500	0,000
	FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	5,775
	TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225
	TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225
	Tsed (Tanque Sedimentación)	98%	72,065	71	60,329	0,000
<b>Total</b>			<b>1137</b>	<b>1114</b>	<b>68,918</b>	<b>0,026</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>						
		98%	9,615	9	43,797	-1,250
<b>DIESEL OIL</b>						
TA_DO (tanque almacen Diesel Oil)		98%	132,821	130	59,573	0,000
TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oil)		98%	3,457	3	48,414	-1,225
TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oil)		98%	3,457	3	48,414	1,225
<b>Total</b>			<b>139,735</b>	<b>136,9</b>	<b>59,021</b>	<b>0,000</b>
<b>ACEITE</b>						
ACEITE MOTOR, L03P		98%	8,407	8	53,117	-5,408
ACEITE MOTOR, L03S		98%	9,052	9	52,909	3,935
ALM. ACE. SUCIO, L001		98%	6,922	7	53,594	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)		98%	6,922	7	51,394	0,000
REBOSES ACEITE, V007		98%	9,367	9	43,797	1,250
<b>LASTRE</b>			6654,8	212,7	168,017	0,000
<b>OTROS</b>						
AGUA CILINDROS		98%	5,040	5	56,194	0,000
AGUAS ACEITOSAS		98%	13,593	13	47,894	0,000
Tanque lodos babor, V003		98%	1,175	1	34,375	-0,500
Tanque lodos estribor, V004		98%	1,175	1	34,375	0,500
T_AD (tanque agua dulce)		98%	106,168	104	165,010	0,000
Viveres 4kg/persona-día		100%	2,000	2	150,136	0,000
Cargos y pertrechos		1,0	2,000	2	139,630	0,000
Tripulación 100-125kg/persona				3	152,110	0,000
Elementos de estiba				70	84,000	0,000
Tanque Antiescora B		0%	91,195	0	0,013	0,000
Tanque Antiescora E		0%	91,195	0	0,013	0,000
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>				8114	82,527	0,002
<b>PESO EN ROSCA</b>				7417	84,539	0,000
<b>TOTAL</b>				<b>15532</b>	<b>83,488</b>	<b>0,001</b>
						<b>11,485</b>



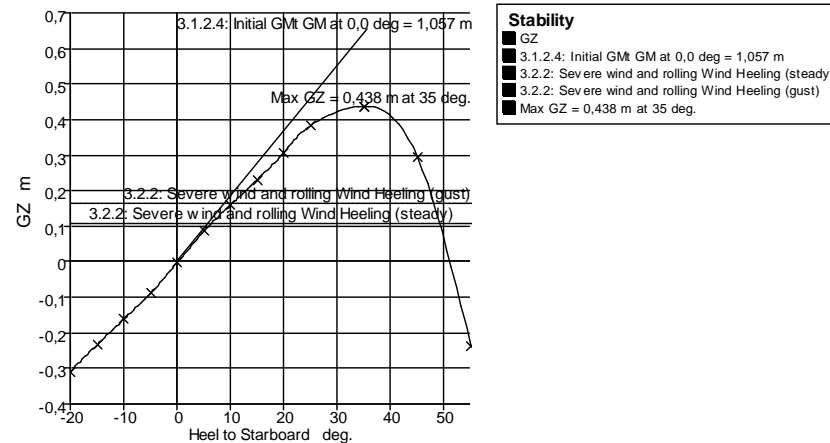
## 2.2.4 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Equilibrium condition	
Draft Amidships m	6,180
Displacement t	15532
Heel deg	0,0
Draft at FP m	6,028
Draft at AP m	6,333
Draft at LCF m	6,197
Trim (+ve by stern) m	0,305
WL Length m	174,819
Beam max extents on WL m	22,904
Wetted Area m <sup>2</sup>	4785,011
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3468,293
Prismatic coeff. (Cp)	0,630
Block coeff. (Cb)	0,598
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,866
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	83,467
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,827
KB m	3,558
KG fluid m	11,485
BMt m	8,984
BML m	461,191
GMt corrected m	1,058
GML m	453,264
KMt m	12,542
KML m	464,749
Immersion (TPC) tonne/cm	35,550
MTc tonne.m	413,587
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	286,685
Max deck inclination deg	0,1025
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1025

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,765
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		7,841
DF point	Downflooding point	11,516



## 2.2.5 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	-20,0	-15,0	-10,0	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	55,0
GZ m	-0,309	-0,233	-0,162	-0,088	-0,001	0,086	0,160	0,231	0,307	0,382	0,438	0,292	-0,236
Displacement t	15537	15532	15532	15532	15532	15532	15532	15532	15532	15532	15532	15524	15532
Draft at AP m	5,838	6,034	6,185	6,290	6,332	6,290	6,186	6,034	5,837	5,581	4,791	3,454	1,571
Draft at FP m	6,046	6,062	6,056	6,040	6,029	6,040	6,056	6,061	6,044	5,989	5,663	4,961	3,986
WL Length m	178,258	174,786	174,789	174,807	174,818	174,807	174,789	174,786	178,268	178,691	179,368	179,665	179,654
Beam max extents on WL m	24,227	23,722	23,276	22,998	22,904	22,998	23,276	23,722	24,227	24,480	22,942	19,963	17,234
Wetted Area m <sup>2</sup>	4672,541	4683,708	4706,599	4746,548	4784,964	4746,548	4706,602	4683,712	4671,804	4668,260	4638,031	4684,144	4696,147
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3360,092	3365,467	3384,567	3426,526	3468,212	3426,524	3384,569	3365,471	3359,855	3353,192	3314,935	3099,826	2790,399
Prismatic coeff. (Cp)	0,646	0,646	0,637	0,632	0,630	0,632	0,637	0,646	0,646	0,660	0,690	0,708	0,719
Block coeff. (Cb)	0,404	0,449	0,496	0,551	0,598	0,551	0,496	0,449	0,403	0,378	0,375	0,422	0,491
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	83,495	83,489	83,481	83,476	83,473	83,476	83,481	83,488	83,496	83,505	83,522	83,540	83,556
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	80,361	79,331	78,197	76,863	75,831	76,863	78,197	79,331	80,364	81,322	82,957	83,994	85,237
Max deck inclination deg	20,0001	15,0000	10,0001	5,0007	0,1017	5,0007	10,0001	15,0000	20,0001	25,0003	35,0007	45,0011	55,0013



Trim angle (+ve by stern) deg	-0,0698	-0,0093	0,0435	0,0842	0,1017	0,0842	0,0435	-0,0092	-0,0699	-0,1375	-0,2936	-0,5072	-0,8128
-------------------------------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 143,001 m)		37,5
Deck Edge (immersion pos = 143,001 m)		37,8
DF point	Downflooding point	Not immersed

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	51,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,1207	Pass	+119,44
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	51,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	0,1959	Pass	+117,62
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	51,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,0752	Pass	+150,57
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	35,0	deg	35,0		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	0,438	Pass	+119,00
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	35,0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	35,0	Pass	+40,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,057	Pass	+604,67
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,99966				
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	14,000	m			
	total area: $A =$	3000,000	m <sup>2</sup>			
	$H =$ mean draft / 2	3,090	m			
	cosine power: $n =$	0				
	gust ratio	1,5				
	Area2 integrated to the lesser of					
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-18,6)	deg	-18,6		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	angle of max. GZ	35,0	deg	35,0		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	6,4	Pass	+60,00
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	17,01	Pass	+78,74
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	100,49	Pass	+0,49
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,108		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	6,4		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,2		
	Deck edge immersion angle		deg	37,8		



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



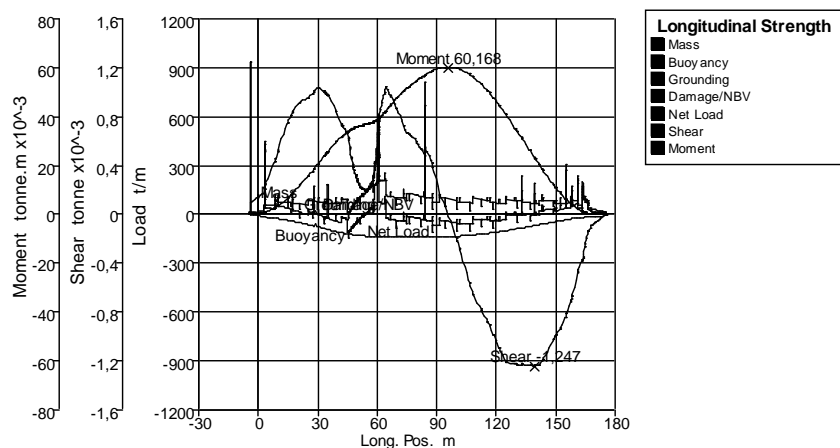
Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Area1 (under GZ), from 10,2 to 50,0 deg.		m.rad	0,2283		
	Area1 (under HA), from 10,2 to 50,0 deg.		m.rad	0,1129		
	Area1, from 10,2 to 50,0 deg.		m.rad	0,1154		
	Area2 (under GZ), from -18,6 to 10,2 deg.		m.rad	-0,0334		
	Area2 (under HA), from -18,6 to 10,2 deg.		m.rad	0,0815		
	Area2, from -18,6 to 10,2 deg.		m.rad	0,1149		



## 2.2.6 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne $\times 10^{-3}$	Moment tonne.m $\times 10^{-3}$
st 1	3,784	57,247	-16,652	0,000	0,000	40,595	0,260	1,161
st 2	12,104	76,901	-29,598	0,000	0,000	47,303	0,631	4,749
st 3	20,424	65,308	-48,468	0,000	0,000	16,839	0,906	11,318
st 4	28,744	78,890	-61,839	0,000	0,000	17,051	1,015	19,257
st 5	37,064	66,840	-98,756	0,000	0,000	-31,916	0,923	27,552
st 6	45,384	13,606	-119,466	0,000	0,000	-105,861	0,621	33,997
st 7	53,704	130,319	-132,506	0,000	0,000	-2,187	0,199	36,763
st 8	62,024	209,123	-138,716	0,000	0,000	70,406	0,887	40,155
st 9	70,344	103,334	-140,740	0,000	0,000	-37,406	0,848	48,093
st 10	78,664	122,614	-140,945	0,000	0,000	-18,331	0,617	53,980
st 11	86,984	102,093	-139,921	0,000	0,000	-37,827	0,441	58,418
st 12	95,304	94,827	-136,983	0,000	0,000	-42,156	0,016	60,164
st 13	103,624	74,919	-131,133	0,000	0,000	-56,214	-0,402	58,645
st 14	111,944	91,062	-121,716	0,000	0,000	-30,654	-0,768	53,549
st 15	120,264	68,956	-108,405	0,000	0,000	-39,449	-1,046	46,056
st 16	128,584	88,529	-91,748	0,000	0,000	-3,220	-1,225	36,332
st 17	136,904	63,531	-73,325	0,000	0,000	-9,794	-1,232	26,095
st 18	145,224	83,503	-54,977	0,000	0,000	28,526	-1,139	15,977
st 19	153,544	69,786	-36,669	0,000	0,000	33,118	-0,888	7,546
st 20	161,864	60,696	-19,481	0,000	0,000	41,215	-0,435	1,880
st 21	170,184	28,659	-15,579	0,000	0,000	13,080	-0,059	0,150

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,765
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		7,841
DF point	Downflooding point	11,516





Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de  
longitudinal



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia



## 2.3 Plena carga llegada (1400mL de trailers y 500TEUs) y 10% de provisiones y consumos.

### 2.3.1 ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA

Nº TOTAL TEU	500
TOTAL TEU (t)	3805
XG (m)	87,199
YG (m)	0,000
ZG(m)	17,902

	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Contenedores	3805	87,20	331792,86	0,00	0,00	17,90	68117,61
Trailers	2800,382	80,57	225626,45	0,00	0,00	9,02	25258,84
TOTAL	6605,382	84,39	557419,32	0,00	0,00	14,14	93376,45

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		0	0	0	0	0					0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Ref x	2,733	L contenedor	6,096	B contenedor	2,438	D contenedor	2,591	D a cubierta expuesta	14,14	P medio TEU	7,61
-------	-------	--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------	-----------------------	-------	-------------	------



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Trailers sobre cubierta principal	2115	74,722	158043	0	0	10,4	21997
Trailers en bodega	685	98,617	67583	0	0	4,76	3262
<b>TOTAL</b>	<b>2800</b>	<b>80,570</b>	<b>225626</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,020</b>	<b>25259</b>



### 2.3.2 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,780	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,170	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,420	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,740	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,060	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,380	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,700	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,020	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,340	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,660	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,980	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,300	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,620	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,940	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,260	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,580	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,900	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,220	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,610	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,930	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,250	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,500	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,500	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	28,000	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,100	0,000	3,190	0,000
mro pp ccmm	1	11,110	11,110	35,000	0,000	5,270	0,000
mro pr ccmm	1	14,680	14,680	60,890	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,500	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,630	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,490	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,490	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,490	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,490	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,500	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,500	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	150,000	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	125,000	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	54,000	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	49,000	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	47,000	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,300	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,410	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,100	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	61,000	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	63,000	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,230	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	10,000	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,500	152,500	135,000	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	158,000	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	0,000	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	139,000	0,000	22,450	0,000
Equipo CI	1	51,150	51,150	82,000	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,500	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	155,000	0,000	14,000	0,000
tapa Rampa	1	30,760	30,760	50,000	0,000	8,500	0,000
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,900	0,000	13,250	0,000
Puertas Acero	1	2,520	2,520	155,000	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	155,000	0,000	21,500	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	140,000	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,500	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	160,000	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,200	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	168,000	0,000	20,000	0,000
DC_1B	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2B	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3B	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2E	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3E	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC-6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	324,907	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFB	0%	96,802	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFC	0%	118,086	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
F01_DFE	0%	101,897	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFB	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFC	0%	131,144	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
F02_DFE	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	57,865	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	24,475	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	24,475	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	27%	13,003	3,511	59,819	-5,450	7,462	32,508
TA_DO	27%	13,003	3,511	59,819	5,450	7,462	32,508
TSD_DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD_DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD_FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD_FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	75%	72,065	54,049	60,329	0,000	3,800	155,973
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOS COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOSOS ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	10%	106,168	10,617	164,979	0,000	8,784	409,677
TankPIQUEPROA	0%	217,024	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	0,1	2,000	0,200	150,136	0,000	19,650	0,000
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,630	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,110	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	84,000	0,000	11,550	0,000
WB1_PB	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_PE	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	0%	95,626	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	0%	106,534	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFB	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFC	0%	248,774	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFE	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4B	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4C	0%	246,791	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4E	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	0%	236,849	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	0%	216,280	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Bodega.Carril Trailers 3 Babor	20	2,000	40,000	73,648	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 2 Babor	68	2,000	136,000	97,411	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 1 Babor	84	2,000	168,000	105,548	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 1 Estrib	84	2,000	168,000	105,548	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 2 Estrib	68	2,000	136,000	97,411	0,000	4,760	0,000
Bodega.Carril Trailers 3 Estrib	20	2,000	40,000	73,648	0,000	4,760	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 3 Ba	136	2,000	272,000	66,777	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 2 Ba	165	2,000	330,000	81,441	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 1 Ba	151	2,000	302,000	74,289	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers C Ba	153	2,000	306,000	75,140	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 1 Ba	151	2,000	302,000	74,289	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 2 Ba	165	2,000	330,000	81,441	0,000	10,400	0,000
CPrincipal.Carril Trailers 3 Ba	136	2,000	272,000	66,833	0,000	10,400	0,000
TEUs	1	0,000	0,000	-0,315	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	5,781	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	11,877	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	17,973	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	24,069	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	30,165	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	36,261	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	42,357	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	48,453	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	54,549	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	60,645	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	66,741	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	152,200	152,200	72,837	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	152,200	152,200	78,933	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	182,640	182,640	85,029	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	91,125	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	97,221	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	103,317	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	109,413	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	115,509	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	197,860	197,860	121,605	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	213,080	213,080	127,701	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	213,080	213,080	133,797	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	139,893	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	121,760	121,760	145,989	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	152,085	0,000	17,902	0,000
TEUs	1	91,320	91,320	158,181	0,000	17,902	0,000
<b>Total Loadcase</b>			<b>14311,918</b>	<b>84,127</b>	<b>-0,001</b>	<b>10,638</b>	<b>630,665</b>



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
FS correction						0,044	
VCG fluid						10,682	



### 2.3.3 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA ( Plena carga llegada (1400mL de trailers y 500TEUs) y 10% de provisiones y consumos.)						
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>						
			7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>	Trailers		2802	80,588	0,000	9,015
	Contenedores		3805	87,199	0,000	17,902
	<b>Total</b>		<b>6607</b>	<b>84,395</b>	<b>0,000</b>	<b>14,133</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>						
<b>FUEL OÍL (HFO)</b>	FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	324,907	0	0,013	0,000
	FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	96,802	0	0,013	0,000
	FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	118,086	0	0,013	0,000
	FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	101,897	0	0,013	0,000
	FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	113,165	0	0,013	0,000
	FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	131,144	0	0,013	0,000
	FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oíl)	0%	113,165	0	0,013	0,000
	TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225
	TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225
	Tsed (Tanque Sedimentación)	75%	72,065	54	60,329	0,000
	<b>Total</b>		<b>1137</b>	<b>118</b>	<b>57,440</b>	<b>0,000</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>						
		98%	9,615	9	43,797	-1,250
<b>DIESEL OÍL</b>	TA_DO (tanque almacen Diesel Oíl)	0%	132,821	7	59,819	0,000
	TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oíl)	98%	3,457	3	48,414	-1,225
	TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oíl)	98%	3,457	3	48,414	1,225
	<b>Total</b>		<b>139,735</b>	<b>13,8</b>	<b>54,218</b>	<b>0,000</b>
<b>ACEITE</b>						
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8	53,117	-5,408	0,758
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	9	52,909	3,935	0,746
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	7	53,594	0,000	1,088
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)	98%	6,922	7	51,394	0,000	1,088
REBOSES ACEITE, V007	98%	9,367	9	43,797	1,250	1,088
<b>LASTRE</b>						
			6654,8	0,0	0	0
<b>OTROS</b>						
AGUA CILINDROS	98%	5,040	5	56,194	0,000	1,088
AGUAS ACEITOSAS	98%	13,593	13	47,894	0,000	1,088
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1	34,375	-0,500	4,005
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1	34,375	0,500	4,005
T_AD (tanque agua dulce)	10%	106,168	11	164,979	0,000	8,784
Viveres 4kg/persona-día	10%	2,000	0	150,136	0,000	19,650
Cargos y pertrechos	1,0	2,000	2	139,630	0,000	22,450
Tripulación 100-125kg/persona			3	152,110	0,000	26,125
Elementos de estiba			70	84,000	0,000	11,550
Tanque Antiescora B	0%	91,195	0	0,013	0,000	0,000
Tanque Antiescora E	0%	91,195	0	0,013	0,000	0,000
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>			6895	83,6829905	-0,001443574	13,8224471
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>TOTAL</b>			<b>14312</b>	<b>84,127</b>	<b>-0,001</b>	<b>10,638</b>



### 2.3.4 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

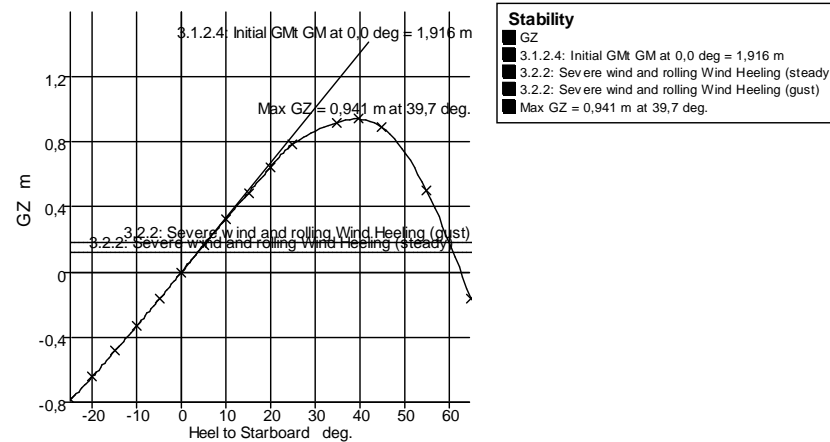
Equilibrium condition	
Draft Amidships m	5,833
Displacement t	14312
Heel deg	0,0
Draft at FP m	5,690
Draft at AP m	5,977
Draft at LCF m	5,846
Trim (+ve by stern) m	0,287
WL Length m	178,721
Beam max extents on WL m	22,907
Wetted Area m <sup>2</sup>	4568,832
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3361,638
Prismatic coeff. (Cp)	0,603
Block coeff. (Cb)	0,571
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,978
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,821
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	84,109
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	77,545
KB m	3,348
KG fluid m	10,682
BMt m	9,250
BML m	462,118
GMt corrected m	1,917
GML m	454,784
KMt m	12,598
KML m	465,466
Immersion (TPc) tonne/cm	34,457
MTc tonne.m	382,391
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	478,729
Max deck inclination deg	0,0965
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0965

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		8,121
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		8,197
DF point	Downflooding point	11,854





### 2.3.5 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	-25,0	-20,0	-15,0	-10,0	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0
GZ m	-0,784	-0,642	-0,486	-0,328	-0,166	0,001	0,168	0,329	0,487	0,644	0,785	0,921	0,889	0,505	-0,165
Displacement t	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312	14312
Draft at AP m	5,092	5,379	5,607	5,786	5,919	5,976	5,919	5,786	5,606	5,379	5,090	4,217	2,752	0,570	-3,167
Draft at FP m	5,693	5,748	5,758	5,741	5,710	5,691	5,710	5,741	5,758	5,748	5,696	5,354	4,592	3,499	1,801
WL Length m	179,243	179,127	179,085	179,099	179,156	178,697	179,156	179,099	179,085	179,127	179,240	179,561	179,692	179,588	179,324
Beam max extents on WL m	24,124	24,110	23,701	23,278	23,002	22,907	23,002	23,278	23,701	24,110	24,124	22,186	19,964	17,234	16,538
Wetted Area m^2	4493,94 2	4500,78 6	4508,330	4525,977	4557,987	4568,636	4557,965	4525,978	4508,331	4500,788	4493,927	4446,414	4468,797	4450,678	4415,028
Waterpl. Area m^2	3270,71 6	3289,83 8	3300,462	3317,243	3350,567	3361,412	3350,521	3317,238	3300,462	3289,840	3270,638	3217,520	3112,190	2791,563	2522,024
Prismatic coeff. (Cp)	0,650	0,634	0,620	0,610	0,604	0,603	0,604	0,610	0,620	0,634	0,650	0,680	0,696	0,706	0,713
Block coeff. (Cb)	0,366	0,388	0,423	0,468	0,522	0,572	0,522	0,468	0,423	0,388	0,366	0,371	0,404	0,473	0,510



LCB from zero pt. (+ve fwd) m	84,139	84,141	84,132	84,123	84,115	84,113	84,117	84,123	84,132	84,141	84,150	84,169	84,189	84,208	84,226
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	81,782	80,912	79,978	78,961	77,853	77,551	77,854	78,961	79,978	80,912	81,786	83,276	83,845	85,249	87,874
Max deck inclination deg	25,0006	20,0003	15,0001	10,0000	5,0005	0,0960	5,0005	10,0000	15,0001	20,0003	25,0006	35,0012	45,0017	55,0020	65,0020
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2025	-0,1242	-0,0509	0,0154	0,0704	0,0960	0,0702	0,0153	-0,0509	-0,1242	-0,2041	-0,3829	-0,6194	-0,9858	-1,6720

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 143,906 m)		39
Deck Edge (immersion pos = 143,906 m)		39,3
DF point	Downflooding point	Not immersed

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	62,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,2492	Pass	+353,07
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	62,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	0,4089	Pass	+354,28
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					



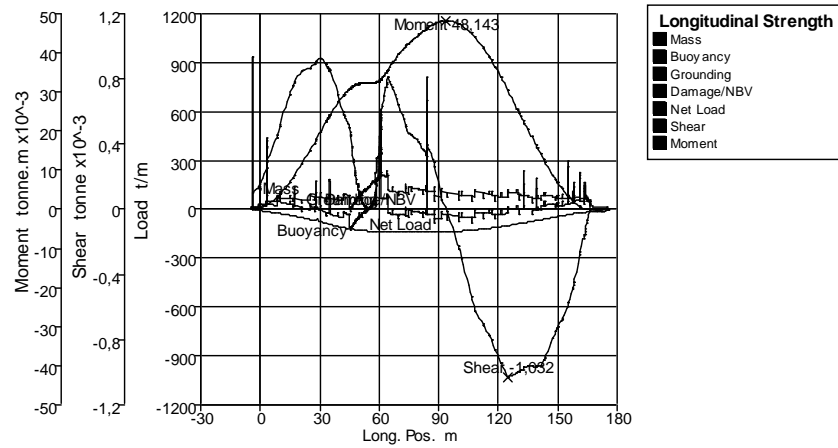
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	62,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,1597	Pass	+432,20
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30,0 90,0 39,7 0,200	deg deg deg m deg	30,0 39,7 0,941 39,7	Pass	+370,50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	39,7	Pass	+58,80
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0,0 0,150	deg m	1,916	Pass	+1177,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ total area: $A =$ $H = \text{mean draft} / 2$ cosine power: $n =$ gust ratio	0,99966 504,00 14,000 3000,000 2,917 0 1,5	Pa m m <sup>2</sup> m		Pass	
	Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	25,0 (-21,5) 50,0 39,7	deg deg deg	-21,5 50,0 39,7		



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	3,5	Pass	+78,13
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	9,00	Pass	+88,75
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	200,67	Pass	+100,67
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,119		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	3,5		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	5,3		
	Deck edge immersion angle		deg	39,3		
	Area1 (under GZ), from 5,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,5527		
	Area1 (under HA), from 5,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,1395		
	Area1, from 5,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,4131		
	Area2 (under GZ), from -21,5 to 5,3 deg.		m.rad	-0,1221		
	Area2 (under HA), from -21,5 to 5,3 deg.		m.rad	0,0838		
	Area2, from -21,5 to 5,3 deg.		m.rad	0,2059		



## 2.3.6 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne x10 <sup>-3</sup>	Moment tonne.m x10 <sup>-3</sup>
st 1	3,784	48,426	-10,174	0,000	0,000	38,252	0,344	1,444
st 2	12,104	68,079	-22,064	0,000	0,000	46,015	0,701	5,663
st 3	20,424	61,479	-40,480	0,000	0,000	20,999	0,994	12,847
st 4	28,744	75,061	-55,414	0,000	0,000	19,647	1,138	21,665
st 5	37,064	63,012	-90,509	0,000	0,000	-27,497	1,082	31,126
st 6	45,384	9,778	-111,232	0,000	0,000	-101,454	0,816	39,041
st 7	53,704	126,491	-124,287	0,000	0,000	2,204	0,431	43,582
st 8	62,024	84,887	-130,515	0,000	0,000	-45,627	0,879	48,638
st 9	70,344	83,600	-132,559	0,000	0,000	-48,960	0,488	54,379
st 10	78,664	102,343	-132,786	0,000	0,000	-30,443	0,158	56,869
st 11	86,984	83,053	-131,784	0,000	0,000	-48,732	-0,106	57,115
st 12	95,304	103,122	-128,869	0,000	0,000	-25,747	-0,410	54,757
st 13	103,624	83,213	-123,040	0,000	0,000	-39,827	-0,691	50,264
st 14	111,944	99,357	-113,647	0,000	0,000	-14,291	-0,921	43,327
st 15	120,264	77,250	-100,395	0,000	0,000	-23,145	-1,063	35,125
st 16	128,584	99,320	-84,022	0,000	0,000	15,297	-1,098	25,841
st 17	136,904	63,913	-66,653	0,000	0,000	-2,740	-0,986	17,220
st 18	145,224	83,885	-49,762	0,000	0,000	34,123	-0,840	9,379
st 19	153,544	63,562	-33,020	0,000	0,000	30,542	-0,579	3,532
st 20	161,864	64,688	-17,626	0,000	0,000	47,062	-0,148	0,330
st 21	170,184	11,925	-15,156	0,000	0,000	-3,231	-0,005	0,046



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de  
longitudinal



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia



## 2.4 Plena carga llegada (500 TEUs) y 10% de provisiones y consumos.

### 2.4.1 ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA

Nº TOTAL TEU	500
TOTAL TEU (t)	6400
XG (m)	81,493
YG (m)	0,000
ZG(m)	17,757

	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Contenedores	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03
Trailers	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		0	0	0	0	0					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2			
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Ref x 2,733 L contenedor 6,096 B contenedor 2,438 D contenedor 2,591 D a cubierta expuesta 14,14 P medio TEU 12,8



## 2.4.2 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,780	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,170	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,420	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,740	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,060	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,380	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,700	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,020	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,340	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,660	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,980	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,300	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,620	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,940	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,260	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,580	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,900	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,220	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,610	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,930	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,250	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,500	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,500	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	28,000	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,100	0,000	3,190	0,000
mro pp ccmm	1	11,110	11,110	35,000	0,000	5,270	0,000
mro pr ccmm	1	14,680	14,680	60,890	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,500	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,630	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,490	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,490	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,490	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,490	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,500	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,500	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	150,000	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	125,000	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	54,000	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	49,000	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	47,000	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,300	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,410	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,100	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	61,000	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	63,000	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,230	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	10,000	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,500	152,500	135,000	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	158,000	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	0,000	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	139,000	0,000	22,450	0,000
Equipo CI	1	51,150	51,150	82,000	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,500	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	155,000	0,000	14,000	0,000
tapa Rampa	1	30,760	30,760	50,000	0,000	8,500	0,000
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,900	0,000	13,250	0,000
Puertas Acero	1	2,520	2,520	155,000	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	155,000	0,000	21,500	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	140,000	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,500	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	160,000	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,200	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	168,000	0,000	20,000	0,000
DC_1B	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2B	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3B	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	0%	167,392	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_2E	0%	185,218	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_3E	0%	183,759	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC-6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	324,907	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFB	0%	96,802	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFC	0%	118,086	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
F01_DFE	0%	101,897	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFB	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFC	0%	131,144	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
F02_DFE	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	57,865	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	24,475	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	27%	24,475	6,608	59,819	7,240	2,456	2,133
TA_DO	27%	13,003	3,511	59,819	-5,450	7,462	32,508
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	5,450	7,888	0,000
TSD_DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD_DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD_FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD_FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	75%	72,065	54,049	60,329	0,000	3,800	155,973
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOS COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOSOS ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	10%	106,168	10,617	164,979	0,000	8,784	409,677
TankPIQUEPROA	0%	217,024	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	0,1	2,000	0,200	150,136	0,000	19,650	0,000
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,630	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,110	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	84,000	0,000	11,550	0,000
WB1_PB	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_PE	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000





Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	100%	95,626	95,626	67,206	0,000	0,663	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	100%	106,534	106,534	80,500	0,000	0,661	0,000
WB3_DFB	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB3_DFC	100%	248,774	248,774	94,498	0,000	1,462	0,000
WB3_DFE	0%	293,479	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4B	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO4C	100%	246,791	246,791	108,477	0,000	1,473	0,000
TSECO4E	0%	223,900	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	100%	236,849	236,849	122,427	0,000	1,525	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	80%	216,280	173,024	136,306	0,000	1,374	285,001
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	50%	91,195	45,598	80,475	-5,757	0,369	183,118
Tanque Antiescora E	50%	91,195	45,598	80,475	5,757	0,369	183,118
TEUs	1	0,000	0,000	-0,315	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	5,781	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	11,877	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	17,973	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	24,069	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	30,165	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	36,261	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	42,357	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	48,453	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	54,549	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	230,400	230,400	60,645	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	66,741	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	72,837	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	78,933	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	85,029	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	91,125	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	97,221	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	103,317	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	109,413	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	115,509	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	121,605	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	127,701	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	281,600	281,600	133,797	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	204,800	204,800	139,893	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	204,800	204,800	145,989	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	153,600	153,600	152,085	0,000	17,757	0,000
TEUs	1	153,600	153,600	158,181	0,000	17,757	0,000
<b>Total Loadcase</b>			<b>15319,552</b>	<b>84,475</b>	<b>0,006</b>	<b>11,364</b>	<b>1251,527</b>
<b>FS correction</b>						<b>0,082</b>	
<b>VCG fluid</b>						<b>11,446</b>	



## 2.4.3 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA ( Plena carga llegada (500 TEUs) y 10% de provisiones y consumos).						
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>						
Trailers			0	0,000	0,000	0,000
Contenedores			6400	81,493	0,000	17,757
<b>Total</b>			<b>6400</b>	<b>81,493</b>	<b>0,000</b>	<b>17,757</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>						
<b>FUEL OIL (HFO)</b>						
FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	324,907	0	0,013	0,000	0,000
FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	96,802	0	0,013	0,000	0,000
FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	118,086	0	0,013	0,000	0,000
FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	101,897	0	0,013	0,000	0,000
FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	113,165	0	0,013	0,000	0,000
FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	131,144	0	0,013	0,000	0,000
FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	113,165	0	0,013	0,000	0,000
TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225	7,888
TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225	7,888
Tsed (Tanque Sedimentación)	75%	72,065	54	60,329	0,000	3,800
<b>Total</b>		<b>1137</b>	<b>118</b>	<b>57,440</b>	<b>0,000</b>	<b>6,018</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>	98%	9,615	9	43,797	-1,250	1,088
<b>DIESEL OIL</b>						
TA_DO (tanque almacen Diesel Oil)	0%	132,821	23	59,819	4,293	6,253
TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	-1,225	7,888
TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	1,225	7,888
<b>Total</b>		<b>139,735</b>	<b>29,6</b>	<b>57,212</b>	<b>3,312</b>	<b>6,626</b>
<b>ACEITE</b>						
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8	53,117	-5,408	0,758
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	9	52,909	3,935	0,746
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	7	53,594	0,000	1,088
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)	98%	6,922	7	51,394	0,000	1,088
REBOSES ACEITE, V007	98%	9,367	9	43,797	1,250	1,088
<b>LASTRE</b>			6654,8	1107,6	106,413	0,000
<b>OTROS</b>						
AGUA CILINDROS	98%	5,040	5	56,194	0,000	1,088
AGUAS ACEITOSAS	98%	13,593	13	47,894	0,000	1,088
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1	34,375	-0,500	4,005
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1	34,375	0,500	4,005
T_AD (tanque agua dulce)	10%	106,168	11	164,979	0,000	8,784
Viveres 4kg/persona-día	10%	2,000	0	150,136	0,000	19,650
Cargos y pertrechos	1,0	2,000	2	139,630	0,000	22,450
Tripulación 100-125kg/persona			3	152,110	0,000	26,125
Elementos de estiba			70	84,000	0,000	11,550
Tanque Antiescora B	50%	91,195	46	80,475	-5,757	0,369
Tanque Antiescora E	50%	91,195	46	80,475	5,757	0,369
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>			7902	84,415	0,011	14,825
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>TOTAL</b>			<b>15320</b>	<b>84,475</b>	<b>0,006</b>	<b>11,364</b>



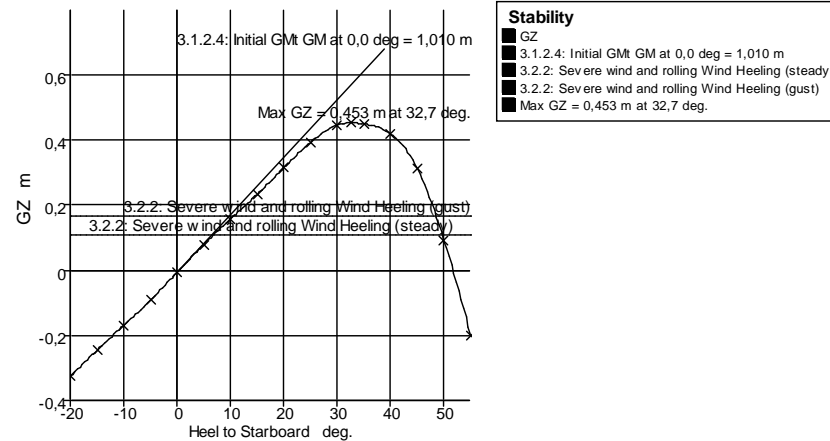
## 2.4.4 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Equilibrium condition	
Draft Amidships m	6,136
Displacement t	15320
Heel deg	0,0
Draft at FP m	6,136
Draft at AP m	6,136
Draft at LCF m	6,136
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	174,758
Beam max extents on WL m	22,905
Wetted Area m <sup>2</sup>	4736,041
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3432,563
Prismatic coeff. (Cp)	0,628
Block coeff. (Cb)	0,608
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,980
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,858
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	84,393
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	76,758
KB m	3,521
KG fluid m	11,446
BMt m	8,944
BML m	454,144
GMt corrected m	1,020
GML m	446,219
KMt m	12,466
KML m	457,665
Immersion (TPC) tonne/cm	35,184
MTc tonne.m	401,608
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	272,603
Max deck inclination deg	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,968
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		8,044
DF point	Downflooding point	11,42



## 2.4.5 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0
GZ m	-0,092	-0,006	0,080	0,158	0,234	0,316	0,394	0,446	0,450	0,420	0,311	0,093	-0,201
Displacement t	15320	15320	15320	15320	15320	15320	15320	15320	15314	15315	15315	15318	15320
Draft at AP m	6,071	6,122	6,071	5,952	5,787	5,576	5,308	4,956	4,489	3,878	3,100	2,186	1,085
Draft at FP m	6,170	6,153	6,170	6,194	6,207	6,195	6,144	6,030	5,819	5,502	5,137	4,718	4,212
WL Length m	174,753	174,756	174,753	174,750	174,749	174,751	177,782	178,711	179,209	179,505	179,645	179,687	179,675
Beam max extents on WL m	22,999	22,905	22,999	23,277	23,719	24,209	24,424	23,909	22,816	21,957	19,963	18,429	17,234
Wetted Area m <sup>2</sup>	4706,533	4733,557	4706,529	4670,586	4648,966	4642,557	4641,190	4628,355	4604,600	4611,446	4645,860	4658,127	4644,900
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3401,220	3429,721	3401,212	3364,109	3347,034	3341,444	3332,089	3313,926	3295,577	3278,065	3103,360	2927,106	2790,436
Prismatic coeff. (Cp)	0,630	0,628	0,630	0,635	0,644	0,656	0,661	0,675	0,687	0,697	0,705	0,711	0,715
Block coeff. (Cb)	0,548	0,610	0,548	0,493	0,446	0,409	0,378	0,368	0,375	0,383	0,419	0,454	0,488
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	84,479	84,476	84,479	84,486	84,494	84,502	84,510	84,519	84,528	84,534	84,544	84,553	84,561
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	77,584	76,854	77,584	78,813	79,892	80,813	81,680	82,525	83,333	83,665	83,911	84,611	85,227
Max deck inclination deg	5,0001	0,0105	5,0001	10,0003	15,0006	20,0009	25,0012	30,0015	35,0017	40,0018	45,0021	50,0022	55,0022



Trim angle (+ve by stern) deg	-0,0332	-0,0105	-0,0333	-0,0816	-0,1413	-0,2083	-0,2814	-0,3615	-0,4478	-0,5465	-0,6858	-0,8521	-1,0525
-------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 143,906 m)		37,1
Deck Edge (immersion pos = 143,906 m)		37,4
F point	Downflooding point	Not immersed

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	51,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,1228	Pass	+123,30
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	51,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	0,2005	Pass	+122,81
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	51,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,0777	Pass	+159,04
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		



	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	32,7	deg	32,7		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	0,453	Pass	+126,50
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	32,7		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	32,7	Pass	+30,80
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,010	Pass	+573,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,99966				
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	14,000	m			
	total area: $A =$	3000,000	m <sup>2</sup>			
	$H =$ mean draft / 2	3,069	m			
	cosine power: $n =$	0				
	gust ratio	1,5				
	Area2 integrated to the lesser of					
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-18,1)	deg	-18,1		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	angle of max. GZ	32,7	deg	32,7		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	6,9	Pass	+56,88
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	18,34	Pass	+77,08
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	105,88	Pass	+5,88
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,110		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	6,9		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,5		
	Deck edge immersion angle		deg	37,4		
	Area1 (under GZ), from 10,5 to 50,0 deg.		m.rad	0,2365		



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



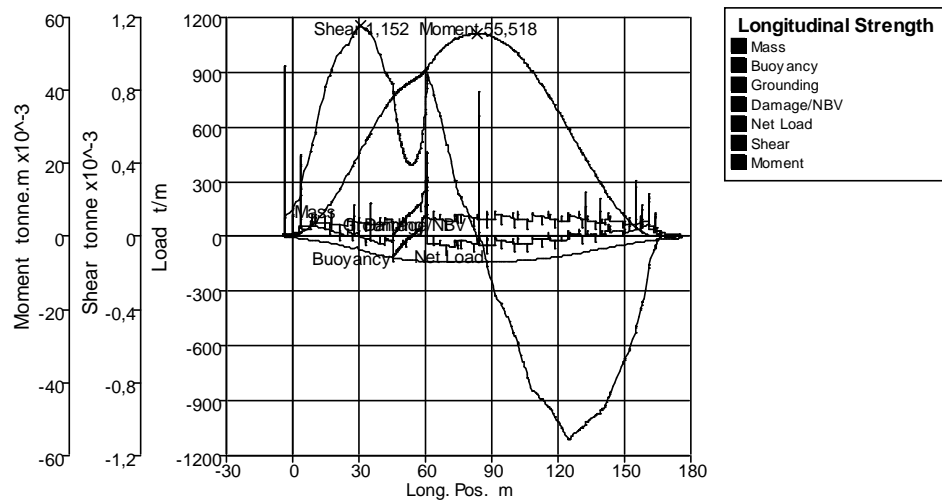
Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



	Area1 (under HA), from 10,5 to 50,0 deg.		m.rad	0,1138		
	Area1, from 10,5 to 50,0 deg.		m.rad	0,1227		
	Area2 (under GZ), from -18,1 to 10,5 deg.		m.rad	-0,0335		
	Area2 (under HA), from -18,1 to 10,5 deg.		m.rad	0,0824		
	Area2, from -18,1 to 10,5 deg.		m.rad	0,1159		



## 2.4.6 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne x10 <sup>-3</sup>	Moment tonne.m x10 <sup>-3</sup>
st 1	3,784	57,247	-13,001	0,000	0,000	44,246	0,284	1,241
st 2	12,104	76,901	-25,775	0,000	0,000	51,126	0,686	5,155
st 3	20,424	65,308	-44,708	0,000	0,000	20,600	0,993	12,315
st 4	28,744	78,890	-60,054	0,000	0,000	18,836	1,131	21,102
st 5	37,064	66,840	-95,388	0,000	0,000	-28,548	1,069	30,488
st 6	45,384	13,619	-116,497	0,000	0,000	-102,878	0,794	38,259
st 7	53,704	130,316	-129,997	0,000	0,000	0,318	0,394	42,555
st 8	62,024	96,269	-136,647	0,000	0,000	-40,379	0,850	47,278
st 9	70,344	86,398	-139,052	0,000	0,000	-52,654	0,474	52,866
st 10	78,664	111,718	-139,634	0,000	0,000	-27,916	0,145	55,189
st 11	86,984	91,224	-138,990	0,000	0,000	-47,766	-0,112	55,370
st 12	95,304	112,599	-136,457	0,000	0,000	-23,858	-0,397	53,045
st 13	103,624	92,652	-130,998	0,000	0,000	-38,346	-0,664	48,719
st 14	111,944	108,617	-121,981	0,000	0,000	-13,364	-0,884	42,047
st 15	120,264	86,058	-109,059	0,000	0,000	-23,000	-1,022	34,174
st 16	128,584	104,959	-92,737	0,000	0,000	12,223	-1,068	25,209
st 17	136,904	75,905	-74,479	0,000	0,000	1,425	-0,974	16,714
st 18	145,224	83,503	-56,114	0,000	0,000	27,389	-0,813	9,097
st 19	153,544	69,786	-37,639	0,000	0,000	32,147	-0,572	3,336
st 20	161,864	60,696	-20,043	0,000	0,000	40,653	-0,126	0,266
st 21	170,184	11,925	-15,640	0,000	0,000	-3,715	-0,004	0,043

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		7,968
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		8,044
DF point	Downflooding point	11,42





## 2.5 Salida en lastre, sin carga, pero con el 100% de provisiones y combustible.

### 2.5.1 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,780	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,170	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,420	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,740	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,060	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,380	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,700	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,020	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,340	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,660	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,980	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,300	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,620	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,940	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,260	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,580	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,900	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,220	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,610	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,930	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,250	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,500	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,500	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	28,000	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,100	0,000	3,190	0,000
mro pp ccmm	1	11,110	11,110	35,000	0,000	5,270	0,000
mro pr ccmm	1	14,680	14,680	60,890	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,500	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,630	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,490	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,490	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,490	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,490	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,500	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,500	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	150,000	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	125,000	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	54,000	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	49,000	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	47,000	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,300	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,410	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,100	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	61,000	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	63,000	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,230	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	10,000	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondeo y Amarre	1	152,500	152,500	135,000	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	158,000	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	0,000	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	139,000	0,000	22,450	0,000
Equipo CI	1	51,150	51,150	82,000	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,500	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	155,000	0,000	14,000	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
tapa Rampa	1	30,760	30,760	50,000	0,000	8,500	0,000
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,900	0,000	13,250	0,000
Puertas Acero	1	2,520	2,520	155,000	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	155,000	0,000	21,500	0,000
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	140,000	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,500	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	160,000	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,200	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	168,000	0,000	20,000	0,000
DC_1B	100%	167,392	167,392	67,195	-10,308	5,676	0,000
DC_2B	100%	185,218	185,218	80,493	-10,304	5,681	0,000
DC_3B	100%	183,759	183,759	94,487	-10,295	5,694	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	100%	167,392	167,392	67,195	10,308	5,676	0,000
DC_2E	100%	185,218	185,218	80,493	10,304	5,681	0,000
DC_3E	100%	183,759	183,759	94,487	10,295	5,694	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC-6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	98%	324,907	318,409	62,559	0,000	5,624	0,000
FO1_DFB	98%	96,802	94,866	67,197	-5,775	2,044	0,000
FO1_DFC	98%	118,086	115,724	67,197	0,000	2,044	0,000
FO1_DFE	98%	101,897	99,859	67,197	5,775	2,044	0,000
FO2_DFB	98%	113,165	110,902	80,500	-5,775	2,044	0,000
FO2_DFC	98%	131,144	128,521	80,500	0,000	2,044	0,000
FO2_DFE	98%	113,165	110,902	80,500	5,775	2,044	0,000
TA_DO	98%	57,865	56,708	59,254	0,000	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	-7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	24,475	23,985	59,819	7,240	4,444	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	-5,450	7,888	0,000
TA_DO	98%	13,003	12,743	59,819	5,450	7,888	0,000
TSD_DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD_DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD_FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD_FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	98%	72,065	70,623	60,329	0,000	4,444	0,000
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOS COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOSOS ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	0%	106,168	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TankPIQUEPROA	100%	217,024	217,024	167,981	0,000	4,529	0,000
Viveres 4kg/persona-día	1	2,000	2,000	150,136	0,000	19,650	0,000
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,630	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,110	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	84,000	0,000	11,550	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
WB1_PB	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_PE	0%	84,622	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	100%	95,626	95,626	67,206	0,000	0,663	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	100%	106,534	106,534	80,500	0,000	0,661	0,000
WB3_DFB	100%	293,479	293,479	94,333	-6,903	1,579	0,000
WB3_DFC	100%	248,774	248,774	94,498	0,000	1,462	0,000
WB3_DFE	100%	293,479	293,479	94,333	6,903	1,579	0,000
TSECO4B	100%	223,900	223,900	107,999	-6,344	1,749	0,000
TSECO4C	100%	246,791	246,791	108,477	0,000	1,473	0,000
TSECO4E	100%	223,900	223,900	107,999	6,344	1,749	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	0%	236,849	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	0%	216,280	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	50%	91,195	45,598	80,475	-5,757	0,369	183,118
Tanque Antiescora E	50%	91,195	45,598	80,475	5,757	0,369	183,118
<b>Total Loadcase</b>			<b>11928,442</b>	<b>85,685</b>	<b>0,002</b>	<b>6,066</b>	<b>366,237</b>
<b>FS correction</b>						<b>0,031</b>	
<b>VCG fluid</b>						<b>6,097</b>	



## 2.5.2 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA ( Salida en lastre, sin carga, pero con el 100% de provisiones y combustible).						
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>						
Trailers			0	0,000	0,000	0,000
Contenedores			0	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>						
<b>FUEL OÍL (HFO)</b>						
FO1 Mam. Proa CCM (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	324,907	318	62,559	0,000	5,624
FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	96,802	95	67,197	-5,775	2,044
FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	118,086	116	67,197	0,000	2,044
FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	101,897	100	67,197	5,775	2,044
FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	-5,775	2,044
FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	131,144	129	80,500	0,000	2,044
FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	98%	113,165	111	80,500	5,775	2,044
TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225	7,888
TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225	7,888
Tsed (Tanque Sedimentación)	98%	72,065	71	60,329	0,000	4,444
<b>Total</b>		<b>1137</b>	<b>1114</b>	<b>68,918</b>	<b>0,026</b>	<b>3,556</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>	98%	9,615	9	43,797	-1,250	1,088
<b>DIESEL OÍL</b>						
TA_DO (tanque almacen Diesel Oil)	98%	132,821	130	59,573	0,000	5,118
TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	-1,225	7,888
TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	1,225	7,888
<b>Total</b>		<b>139,735</b>	<b>136,9</b>	<b>59,021</b>	<b>0,000</b>	<b>5,255</b>
<b>ACEITE</b>						
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8	53,117	-5,408	0,758
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	9	52,909	3,935	0,746
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	7	53,594	0,000	1,088
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)	98%	6,922	7	51,394	0,000	1,088
REBOSES ACEITE, V007	98%	9,367	9	43,797	1,250	1,088
<b>LASTRE</b>			6654,8	3022,2	96,785	0,000
<b>OTROS</b>						
AGUA CILINDROS	98%	5,040	5	56,194	0,000	1,088
AGUAS ACEITOSAS	98%	13,593	13	47,894	0,000	1,088
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1	34,375	-0,500	4,005
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1	34,375	0,500	4,005
T_AD (tanque agua dulce)	0%	106,168	0	0,013	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	100%	2,000	2	150,136	0,000	19,650
Cargos y pertrechos	1,0	2,000	2	139,630	0,000	22,450
Tripulación 100-125kg/persona			3	152,110	0,000	26,125
Elementos de estiba			70	84,000	0,000	11,550
Tanque Antiescora B	50%	91,195	46	80,475	-5,757	0,369
Tanque Antiescora E	50%	91,195	46	80,475	5,757	0,369
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>			4511	87,571	0,004	3,417
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>TOTAL</b>			<b>11928</b>	<b>85,685</b>	<b>0,002</b>	<b>6,066</b>



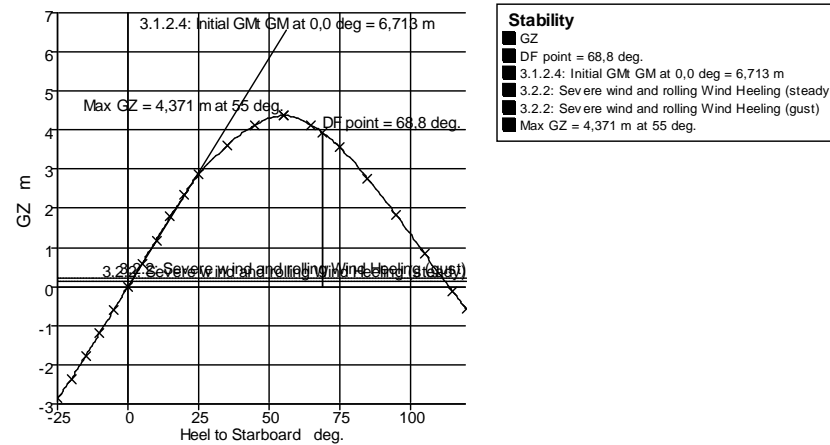
### 2.5.3 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Equilibrium condition	
Draft Amidships m	5,118
Displacement t	11929
Heel deg	0,0
Draft at FP m	5,107
Draft at AP m	5,129
Draft at LCF m	5,119
Trim (+ve by stern) m	0,022
WL Length m	175,197
Beam max extents on WL m	22,921
Wetted Area m <sup>2</sup>	4091,323
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3082,576
Prismatic coeff. (Cp)	0,588
Block coeff. (Cb)	0,565
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,976
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,768
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,699
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,105
KB m	2,920
KG fluid m	6,097
BMt m	9,890
BML m	439,392
GMt corrected m	6,713
GML m	436,215
KMt m	12,809
KML m	442,312
Immersion (TPc) tonne/cm	31,596
MTc tonne.m	305,695
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1397,457
Max deck inclination deg	0,0074
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0074

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		8,974
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		9,05
DF point	Downflooding point	12,448



## 2.5.4 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	75,0	85,0	95,0	105,0
GZ m	-0,002	0,586	1,183	1,781	2,352	2,863	3,598	4,131	4,371	4,132	3,561	2,759	1,830	0,844
Displacement t	11931	11925	11928	11928	11928	11928	11928	11926	11928	11928	11929	11928	11931	11930
Draft at AP m	5,133	5,084	4,942	4,717	4,433	4,077	3,030	1,365	-1,417	-6,359	-17,258	-69,637	-85,672	-33,392
Draft at FP m	5,105	5,112	5,140	5,169	5,167	5,109	4,726	3,857	2,548	0,532	-4,228	-28,751	-44,786	-20,196
WL Length m	175,200	175,193	178,050	179,599	179,599	179,618	179,686	179,625	179,329	178,722	178,216	179,322	179,846	180,108
Beam max extents on WL m	22,921	23,011	23,268	23,588	23,689	23,064	20,694	19,962	17,643	16,880	14,615	14,168	14,172	14,611
Wetted Area m <sup>2</sup>	4092,197	4104,991	4138,909	4144,738	4140,976	4120,407	4039,914	4008,711	3975,349	3985,581	3931,955	3940,568	3960,886	3986,586
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3083,300	3098,859	3136,763	3139,588	3121,179	3080,548	3004,111	3036,309	2740,433	2477,397	2225,189	2114,228	2078,332	2100,642
Prismatic coeff. (Cp)	0,588	0,591	0,589	0,596	0,612	0,631	0,656	0,667	0,675	0,683	0,694	0,704	0,718	0,737
Block coeff. (Cb)	0,565	0,500	0,436	0,389	0,359	0,347	0,359	0,366	0,423	0,464	0,578	0,621	0,528	0,460
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,684	85,687	85,686	85,692	85,699	85,706	85,722	85,736	85,767	85,822	85,837	85,850	85,829	85,854
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,086	81,812	81,158	81,459	82,100	82,710	84,196	85,062	86,193	87,752	85,587	85,088	84,726	84,302
Max deck inclination deg	0,0093	5,0000	10,0002	15,0007	20,0013	25,0019	35,0027	45,0031	55,0036	65,0039	75,0030	85,0011	94,9989	104,9969



Trim angle (+ve by stern) deg	0,0093	-0,0096	-0,0666	-0,1520	-0,2469	-0,3473	-0,5706	-0,8385	-1,3342	-2,3181	-4,3771	-13,5069	-13,5069	-4,4332
-------------------------------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	---------

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 143,906 m)		42,1
Deck Edge (immersion pos = 143,906 m)		42,4
DF point	Downflooding point	68,8

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	113,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,9085	Pass	+1551,91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	68,8	deg			
	angle of vanishing stability	113,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	1,5351	Pass	+1605,61
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	68,8	deg			
	angle of vanishing stability	113,7	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,6265	Pass	+1988,34
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					



	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	55,0	deg	55,0		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	4,371	Pass	+2085,50
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	55,0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	55,0	Pass	+120,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	6,713	Pass	+4375,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Wind arm: $a = P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,99966				
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	14,000	m			
	total area: $A =$	3000,000	m <sup>2</sup>			
	$H =$ mean draft / 2	2,559	m			
	cosine power: $n =$	0				
	gust ratio	1,5				
	Area2 integrated to the lesser of					
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-23,7)	deg	-23,7		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	angle of max. GZ	55,0	deg	55,0		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	1,3	Pass	+91,88
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	3,01	Pass	+96,24
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	305,81	Pass	+205,81
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,148		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	1,3		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	1,9		
	Deck edge immersion angle		deg	42,4		
	Area1 (under GZ), from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	2,2505		
	Area1 (under HA), from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	0,1861		





Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de



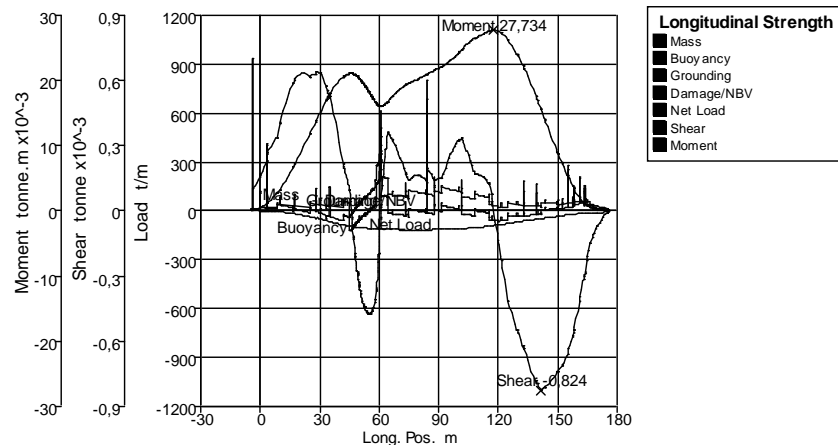
Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia longitudinal



	Area1, from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	2,0645		
	Area2 (under GZ), from -23,7 to 1,9 deg.		m.rad	-0,5759		
	Area2 (under HA), from -23,7 to 1,9 deg.		m.rad	0,0992		
	Area2, from -23,7 to 1,9 deg.		m.rad	0,6751		



## 2.5.5 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Net Load t/m	Shear tonne x10 <sup>-3</sup>	Moment tonne.m x10 <sup>-3</sup>
st 1	3,784	19,452	-4,441	15,011	0,273	1,289
st 2	12,104	39,106	-8,339	30,767	0,475	4,230
st 3	20,424	27,512	-23,410	4,103	0,630	8,982
st 4	28,744	41,094	-40,341	0,753	0,638	14,207
st 5	37,064	29,045	-72,160	-43,116	0,449	18,951
st 6	45,384	-24,177	-93,120	-117,298	0,053	21,063
st 7	53,704	92,521	-106,418	-13,897	-0,466	18,703
st 8	62,024	205,299	-112,902	92,397	0,162	16,180
st 9	70,344	91,375	-115,239	-23,864	0,250	18,665
st 10	78,664	117,035	-115,765	1,270	0,163	20,129
st 11	86,984	96,414	-115,062	-18,648	0,149	21,469
st 12	95,304	134,554	-112,432	22,122	0,248	22,891
st 13	103,624	83,145	-106,894	-23,749	0,287	25,410
st 14	111,944	91,087	-97,806	-6,720	0,158	27,079
st 15	120,264	22,762	-84,994	-62,232	-0,150	27,542
st 16	128,584	42,335	-69,787	-27,452	-0,524	24,468
st 17	136,904	29,935	-54,916	-24,982	-0,746	19,189
st 18	145,224	49,907	-40,838	9,069	-0,797	12,545
st 19	153,544	44,590	-26,984	17,606	-0,688	6,327
st 20	161,864	60,696	-14,658	46,038	-0,368	1,741
st 21	170,184	28,845	-13,650	15,195	-0,067	0,166

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		8,975
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		9,05
DF point	Downflooding point	12,448



## 2.6 Llegada en lastre, sin carga, pero con el 10 % de provisiones y combustible.

### 2.6.1 CONCEPTOS DE LA CARGA

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
p(0)	1	44,700	44,700	3,767	0,000	6,940	0,000
p(1)	1	203,100	203,100	12,157	0,000	7,160	0,000
p(2)	1	106,000	106,000	20,407	0,000	7,030	0,000
p(3)	1	214,200	214,200	28,727	0,000	7,170	0,000
p(4)	1	114,300	114,300	37,047	0,000	7,040	0,000
p(5)	1	245,500	245,500	45,367	0,000	7,220	0,000
p(6)	1	130,600	130,600	53,687	0,000	7,060	0,000
p(7)	1	290,800	290,800	62,007	0,000	7,300	0,000
p(8)	1	148,300	148,300	70,327	0,000	7,100	0,000
p(9)	1	306,700	306,700	78,647	0,000	7,330	0,000
p(10)	1	154,200	154,200	86,967	0,000	7,110	0,000
p(11)	1	303,600	303,600	95,287	0,000	7,330	0,000
p(12)	1	148,700	148,700	103,607	0,000	7,100	0,000
p(13)	1	286,500	286,500	111,927	0,000	7,300	0,000
p(14)	1	135,600	135,600	120,247	0,000	7,080	0,000
p(15)	1	249,700	249,700	128,567	0,000	7,240	0,000
p(16)	1	113,200	113,200	136,887	0,000	7,040	0,000
p(17)	1	199,800	199,800	145,207	0,000	7,160	0,000
p(18)	1	81,440	81,440	153,597	0,000	6,990	0,000
p(19)	1	136,900	136,900	161,917	0,000	7,060	0,000
p(20)	1	25,060	25,060	170,237	0,000	6,920	0,000
mro ppp	1	4,990	4,990	3,487	0,000	6,850	0,000
mro 25	1	7,030	7,030	17,487	0,000	6,370	0,000
mro 40	1	9,400	9,400	27,987	0,000	5,700	0,000
mro rasel pp	1	2,720	2,720	30,087	0,000	3,190	0,000
mro pp ccmm	1	11,110	11,110	34,987	0,000	5,270	0,000
mro pr ccmm	1	14,680	14,680	60,877	0,000	4,410	0,000
mro 225	1	4,150	4,150	157,487	0,000	5,520	0,000
mro ppr	1	8,090	8,090	163,617	0,000	9,730	0,000
mro 105	1	2,810	2,810	73,477	0,000	4,560	0,000
mro 125	1	2,780	2,780	87,477	0,000	4,590	0,000
mro145	1	2,450	2,450	101,477	0,000	4,950	0,000
mro 165	1	1,930	1,930	115,477	0,000	5,730	0,000
mro 185	1	1,740	1,740	129,487	0,000	6,590	0,000
mro 205	1	1,910	1,910	143,487	0,000	6,910	0,000
superestructura	1	385,700	385,700	149,987	0,000	24,000	0,000
err lam,sold	1	326,000	326,000	124,987	0,000	13,000	0,000
MM.PP	2	31,900	63,800	53,987	0,000	3,150	0,000
reductoras	2	5,000	10,000	48,987	0,000	2,450	0,000
PTOs	2	0,500	1,000	46,987	0,000	2,500	0,000
MM Aux	3	7,000	21,000	51,287	0,000	2,980	0,000
Hélices	2	17,000	34,000	3,397	0,000	2,430	0,000
Línea Ejes	2	17,720	35,440	33,087	0,000	2,430	0,000
RP	2	315,300	630,600	60,987	0,000	2,500	0,000
PQR	1	1543,000	1543,000	62,987	0,000	3,000	0,000
Pi	1	23,000	23,000	80,217	0,000	2,280	0,000
Pcc	1	4,420	4,420	9,987	0,000	0,000	0,000
Peso Equipo Fondoo y Amarre	1	152,500	152,500	134,987	0,000	14,000	0,000
Peso Sistemas Ayuda Navegación	1	10,000	10,000	157,987	0,000	26,200	0,000
Equipo Gobierno	1	10,020	10,020	-0,013	0,000	6,180	0,000
Equipo Salvamento	1	13,000	13,000	138,987	0,000	22,450	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Equipo CI	1	51,150	51,150	81,987	0,000	9,000	0,000
Jarcia Labor	1	15,070	15,070	132,487	0,000	20,330	0,000
Acondicionamiento Bodegas	1	17,780	17,780	154,987	0,000	14,000	0,000
tapa Rampa	1	30,760	30,760	49,987	0,000	8,500	0,000
Portones Popa	1	92,010	92,010	-3,913	0,000	13,250	0,000
Puertas Acero	1	2,520	2,520	154,987	0,000	14,000	0,000
Portillos y Ventanas	1	3,000	3,000	154,987	0,000	21,500	0,000
Escaleras Exteriores	1	3,000	3,000	139,987	0,000	21,500	0,000
Escala Real y Planchada	1	2,400	2,400	121,487	0,000	15,000	0,000
Habilitación	1	130,100	130,100	159,987	0,000	23,850	0,000
Propulsor Pr Maniobra	1	15,000	15,000	161,187	0,000	5,000	0,000
Margen Maquinaria Equipo y Habi	1	76,350	76,350	167,987	0,000	20,000	0,000
DC_1B	100%	167,392	167,392	67,195	-10,308	5,676	0,000
DC_2B	100%	185,218	185,218	80,493	-10,304	5,681	0,000
DC_3B	100%	183,759	183,759	94,487	-10,295	5,694	0,000
DC_4B	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5B	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6B	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7B.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_1E	100%	167,392	167,392	67,195	10,308	5,676	0,000
DC_2E	100%	185,218	185,218	80,493	10,304	5,681	0,000
DC_3E	100%	183,759	183,759	94,487	10,295	5,694	0,000
DC_4E	0%	178,178	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_5E	0%	251,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_6E	0%	328,609	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Superior	0%	151,644	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
DC_7E.Inferior	0%	86,817	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1 Mam. Proa CCMM	0%	324,907	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFB	0%	96,802	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFC	0%	118,086	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO1_DFE	0%	101,897	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFB	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFC	0%	131,144	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
FO2_DFE	0%	113,165	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	57,865	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	24,475	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	0%	24,475	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TA_DO	27%	13,003	3,511	59,819	-5,450	7,462	32,508
TA_DO	27%	13,003	3,511	59,819	5,450	7,462	32,508
TSD_DOB	98%	3,457	3,388	48,414	-1,225	7,888	0,000
TSD_DOE	98%	3,457	3,388	48,414	1,225	7,888	0,000
TSD_FOB	98%	32,704	32,050	55,004	-1,225	7,888	0,000
TSD_FOE	98%	32,704	32,050	55,004	1,225	7,888	0,000
Tsed	75%	72,065	54,049	60,329	0,000	3,800	155,973
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8,239	53,117	-5,408	0,758	0,000
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	8,871	52,909	3,935	0,746	0,000
AGUA CILINDROS	98%	5,040	4,939	56,194	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	6,784	53,594	0,000	1,088	0,000
ALM. ACE. LIMPIO, L002	98%	6,922	6,784	51,394	0,000	1,088	0,000
AGUAS ACEITOSAS, V006	98%	13,593	13,321	47,894	0,000	1,088	0,000
REBEBOSSES COMBUSTIBLE, V005	98%	9,615	9,423	43,797	-1,250	1,088	0,000
REBOSSES ACEITE, V007	98%	9,367	9,180	43,797	1,250	1,088	0,000
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1,152	34,375	-0,500	4,005	0,000
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1,152	34,375	0,500	4,005	0,000
lastre1	0%	9,728	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre	0%	132,738	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre b	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
lastre e	0%	7,638	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
T_AD (tanque agua dulce)	0%	106,168	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TankPIQUEPROA	0%	217,024	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	1	2,000	2,000	150,123	0,000	19,650	0,000



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Cargos y pertrechos	1	2,000	2,000	139,617	0,000	22,450	0,000
Tripulación 100-125kg/persona	1	3,000	3,000	152,097	0,000	26,125	0,000
Elementos de estiba	1	70,000	70,000	83,987	0,000	11,550	0,000
WB1_PB	100%	84,622	84,622	67,346	-9,754	1,697	0,000
WB1_PE	100%	84,622	84,622	67,346	9,754	1,697	0,000
WB2_PB	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_PE	0%	99,594	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFB	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB1_DFC	100%	95,626	95,626	67,206	0,000	0,663	0,000
WB1_DFE	0%	79,019	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
WB2_DFC	100%	106,534	106,534	80,500	0,000	0,661	0,000
WB3_DFB	100%	293,479	293,479	94,333	-6,903	1,579	0,000
WB3_DFC	100%	248,774	248,774	94,498	0,000	1,462	0,000
WB3_DFE	100%	293,479	293,479	94,333	6,903	1,579	0,000
TSECO4B	100%	223,900	223,900	107,999	-6,344	1,749	0,000
TSECO4C	100%	246,791	246,791	108,477	0,000	1,473	0,000
TSECO4E	100%	223,900	223,900	107,999	6,344	1,749	0,000
TSECO5B	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5C	0%	236,849	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO5E	0%	121,272	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6B	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6C	0%	216,280	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO6E	0%	44,683	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7B	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7C	0%	162,536	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
TSECO7E	0%	3,845	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
Tanque Antiescora B	50%	91,195	45,598	80,475	-5,757	0,369	183,118
Tanque Antiescora E	50%	91,195	45,598	80,475	5,757	0,369	183,118
<b>Total Loadcase</b>			<b>10761,760</b>	<b>85,453</b>	<b>-0,001</b>	<b>6,300</b>	<b>587,225</b>
<b>FS correction</b>						<b>0,055</b>	
<b>VCG fluid</b>						<b>6,355</b>	



## 2.6.2 RESUMEN DE CONCEPTOS DE CARGA

RESUMEN DE CONCEPTOS DE LA SITUACIÓN DE CARGA ( Llegada en lastre, sin carga, pero con el 10 % de provisiones y combustible).						
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>CARGA</b>						
Trailers			0	0,000	0,000	0,000
Contenedores			0	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>COMBUSTIBLE</b>						
<b>FUEL OÍL (HFO)</b>	FO1 Mam. Proa CCMM (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	324,907	0	0,013	0,000
	FO1_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	96,802	0	0,013	0,000
	FO1_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	118,086	0	0,013	0,000
	FO1_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	101,897	0	0,013	0,000
	FO2_DFB (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	113,165	0	0,013	0,000
	FO2_DFC (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	131,144	0	0,013	0,000
	FO2_DFE (Tanque Almacén Fuel Oil)	0%	113,165	0	0,013	0,000
	TSD_FOB=TSD1 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	-1,225
	TSD_FOE=TSD2 (Tanque Servicio Diario)	98%	32,704	32	55,004	1,225
	Tsed (Tanque Sedimentación)	75%	72,065	54	60,329	0,000
<b>Total</b>			<b>1137</b>	<b>118</b>	<b>57,440</b>	<b>0,000</b>
<b>REBEBOSES COMBUSTIBLE, V005</b>		98%	9,615	9	43,797	-1,250
<b>DIESEL OÍL</b>	TA_DO (tanque almacen Diesel Oil)	0%	132,821	7	59,819	0,000
	TSD_DOB (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	-1,225
	TSD_DOE (tanque servicio diario Diesel Oil)	98%	3,457	3	48,414	1,225
<b>Total</b>			<b>139,735</b>	<b>13,8</b>	<b>54,218</b>	<b>0,000</b>
<b>ACEITE</b>						
ACEITE MOTOR, L03P	98%	8,407	8	53,117	-5,408	0,758
ACEITE MOTOR, L03S	98%	9,052	9	52,909	3,935	0,746
ALM. ACE. SUCIO, L001	98%	6,922	7	53,594	0,000	1,088
ALM. ACE. LIMPIO, L002 (Sistema Ext. Ace. Lubri)	98%	6,922	7	51,394	0,000	1,088
REBOSES ACEITE, V007	98%	9,367	9	43,797	1,250	1,088
<b>LASTRE</b>			6654,8	2974,5	89,9155907	0
<b>OTROS</b>						
AGUA CILINDROS	98%	5,040	5	56,194	0,000	1,088
AGUAS ACEITOSAS	98%	13,593	13	47,894	0,000	1,088
Tanque lodos babor, V003	98%	1,175	1	34,375	-0,500	4,005
Tanque lodos estribor, V004	98%	1,175	1	34,375	0,500	4,005
T_AD (tanque agua dulce)	0%	106,168	0	0,013	0,000	0,000
Viveres 4kg/persona-día	100%	2,000	2	150,123	0,000	19,650
Cargos y pertrechos	1,0	2,000	2	139,617	0,000	22,450
Tripulación 100-125kg/persona			3	152,097	0,000	26,125
Elementos de estiba			70	83,987	0,000	11,550
Tanque Antiescora B	50%	91,195	46	80,475	-5,757	0,369
Tanque Antiescora E	50%	91,195	46	80,475	5,757	0,369
<b>TOTAL (CARGA+COMBUSTIBLE+LASTRE+OTROS)</b>			3344	87,508	-0,003	3,245
<b>PESO EN ROSCA</b>			7417	84,539	0,000	7,677
<b>TOTAL</b>			<b>10762</b>	<b>85,462</b>	<b>-0,001</b>	<b>6,300</b>



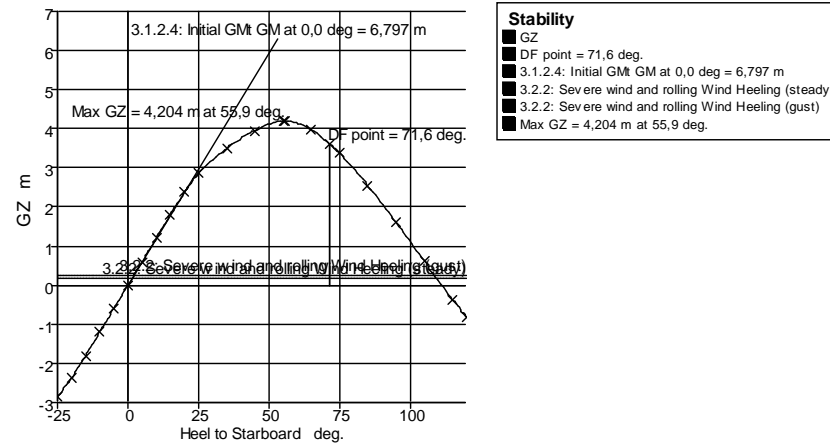
### 2.6.3 CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Equilibrium condition	
Draft Amidships m	4,740
Displacement t	10762
Heel deg	0,0
Draft at FP m	4,627
Draft at AP m	4,852
Draft at LCF m	4,742
Trim (+ve by stern) m	0,225
WL Length m	175,055
Beam max extents on WL m	22,928
Wetted Area m <sup>2</sup>	3884,876
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2980,111
Prismatic coeff. (Cp)	0,574
Block coeff. (Cb)	0,540
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,973
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,742
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,478
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	83,062
KB m	2,702
KG fluid m	6,355
BMt m	10,448
BML m	447,927
GMt corrected m	6,796
GML m	444,275
KMt m	13,150
KML m	450,629
Immersion (TPc) tonne/cm	30,546
MTc tonne.m	280,900
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1276,393
Max deck inclination deg	0,0757
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0757

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		9,247
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		9,323
DF point	Downflooding point	12,92



## 2.6.4 VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD



Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	75,0	85,0	95,0	105,0
GZ m	0,001	0,596	1,200	1,805	2,373	2,856	3,501	3,954	4,203	3,972	3,371	2,548	1,602	0,604
Displacement t	10764	10760	10762	10762	10762	10762	10762	10763	10762	10762	10758	10759	10765	10766
Draft at AP m	4,858	4,813	4,679	4,447	4,142	3,756	2,631	0,883	-2,095	-7,430	-19,020	-75,011	-91,149	-35,139
Draft at FP m	4,622	4,626	4,644	4,669	4,663	4,594	4,180	3,265	1,773	-0,594	-6,475	-35,862	-52,000	-22,675
WL Length m	175,059	175,057	174,993	179,684	179,685	179,685	179,646	179,463	178,912	177,247	177,620	178,881	179,620	179,995
Beam max extents on WL m	22,928	23,015	23,250	23,481	23,346	22,259	19,921	19,486	18,074	16,230	14,615	14,165	14,172	14,605
Wetted Area m <sup>2</sup>	3885,735	3897,260	3931,155	3958,789	3954,389	3916,226	3827,553	3780,976	3757,851	3741,108	3709,693	3725,928	3749,303	3778,085
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2980,993	2994,858	3031,515	3052,888	3028,227	2967,076	2888,394	2937,080	2716,699	2412,057	2181,602	2078,524	2041,208	2064,617
Prismatic coeff. (Cp)	0,574	0,577	0,585	0,584	0,602	0,621	0,644	0,653	0,660	0,673	0,684	0,696	0,712	0,733
Block coeff. (Cb)	0,539	0,482	0,425	0,372	0,346	0,340	0,353	0,353	0,392	0,465	0,561	0,613	0,514	0,444
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,447	85,449	85,449	85,455	85,463	85,471	85,489	85,507	85,544	85,616	85,604	85,618	85,641	85,617
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	83,032	82,798	82,139	81,770	82,216	82,787	84,215	85,541	85,999	86,138	84,556	84,242	83,906	83,561
Max deck inclination deg	0,0796	5,0004	10,0000	15,0002	20,0007	25,0012	35,0023	45,0028	55,0034	65,0038	75,0028	85,0010	94,9990	104,9972
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0796	0,0630	0,0117	-0,0747	-0,1755	-0,2819	-0,5213	-0,8016	-1,3019	-2,2996	-4,2151	-12,9525	-12,9525	-4,1881





Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	111,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0550	m.rad	0,9126	Pass	+1559,30
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	71,6	deg			
	angle of vanishing stability	111,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0900	m.rad	1,5221	Pass	+1591,26
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	71,6	deg			
	angle of vanishing stability	111,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,0300	m.rad	0,6095	Pass	+1931,74
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	55,9	deg	55,9		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	4,204	Pass	+2002,00
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	55,9		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	



Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	55,9	Pass	+123,60
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	6,797	Pass	+4431,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,99966				
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	14,000	m			
	total area: $A =$	3000,000	m <sup>2</sup>			
	$H =$ mean draft / 2	2,370	m			
	cosine power: $n =$	0				
	gust ratio	1,5				
	Area2 integrated to the lesser of					
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-23,6)	deg	-23,6		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	angle of max. GZ	55,9	deg	55,9		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	1,4	Pass	+91,25
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	3,14	Pass	+96,07
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	291,34	Pass	+191,34
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,167		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	1,4		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	2,1		
	Deck edge immersion angle		deg	44,5		
	Area1 (under GZ), from 2,1 to 50,0 deg.		m.rad	2,2067		
	Area1 (under HA), from 2,1 to 50,0 deg.		m.rad	0,2089		
	Area1, from 2,1 to 50,0 deg.		m.rad	1,9978		
	Area2 (under GZ), from -23,6 to 2,1 deg.		m.rad	-0,5737		
	Area2 (under HA), from -23,6 to 2,1 deg.		m.rad	0,1121		
	Area2, from -23,6 to 2,1 deg.		m.rad	0,6857		



*Buque CON-RO/RO*  
*Cuaderno 12: Situaciones de*

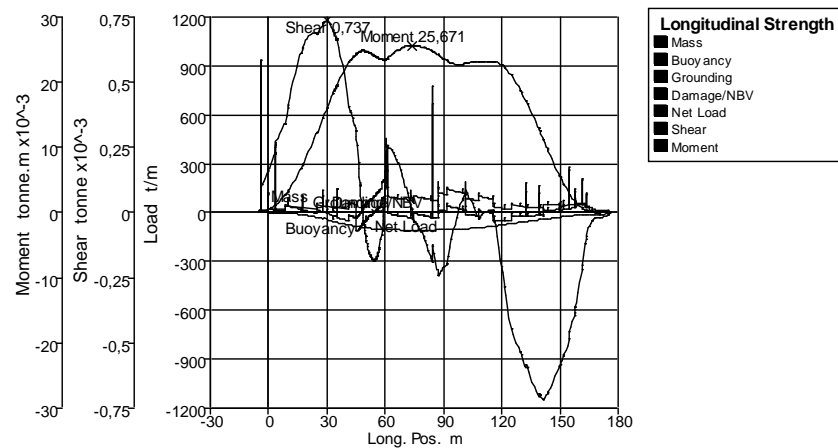


*Proyecto nº10 2008-2009*  
*carga y resistencia longitudinal*





## 2.6.5 RESISTENCIA LONGITUDINAL



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Net Load t/m	Shear tonne x10 <sup>-3</sup>	Moment tonne.m x10 <sup>-3</sup>
st 1	3,784	19,448	-4,163	15,284	0,275	1,294
st 2	12,104	39,089	-5,656	33,433	0,485	4,270
st 3	20,424	27,502	-18,153	9,349	0,675	9,235
st 4	28,744	41,073	-34,607	6,466	0,733	15,033
st 5	37,064	29,033	-64,725	-35,692	0,603	20,805
st 6	45,384	-24,022	-85,394	-109,416	0,269	24,457
st 7	53,704	92,698	-98,432	-5,734	-0,182	24,173
st 8	62,024	97,529	-104,666	-7,137	0,251	23,886
st 9	70,344	80,675	-106,767	-26,092	0,103	25,476
st 10	78,664	92,000	-107,062	-15,062	-0,074	25,459
st 11	86,984	71,302	-106,128	-34,826	-0,224	24,260
st 12	95,304	134,522	-103,265	31,257	-0,062	22,792
st 13	103,624	83,129	-97,497	-14,369	0,054	23,050
st 14	111,944	91,056	-88,206	2,850	0,004	23,108
st 15	120,264	22,757	-75,351	-52,595	-0,224	22,623
st 16	128,584	42,318	-60,803	-18,486	-0,520	19,265
st 17	136,904	29,938	-47,380	-17,442	-0,672	14,319
st 18	145,224	49,901	-34,914	14,987	-0,667	8,530
st 19	153,544	44,597	-22,893	21,704	-0,516	3,576
st 20	161,864	60,699	-12,558	48,141	-0,171	0,536
st 21	170,184	11,922	-12,009	-0,086	-0,019	0,073

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -3,631 m)		9,247
Deck Edge (freeboard pos = -3,631 m)		9,323
DF point	Downflooding point	12,92



### 3 Estabilidad después de avería.

#### 3.1 PARÁMETROS DEL CÁLCULO

Ls (m)	179,28
R	0,6136199
ds (m)	6,18
dl (m)	4,7
dp (m)	5,588
Jmáx	0,3030303
Jkn	0,15151515
pk	0,91666667
Imáx	60
L*	260
b0	11
$Ls \leq L^*$	
Jmax	0,3030303
Imax/Ls	0,33467202
Jm	0,3030303
Jk	0,15151515
b12=b0	11
b11	-65,34
b21	-7,26
b22	2,2
B	22,9

## 3.2 CURVA DE KG LÍMITE POR ESTABILIDAD

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

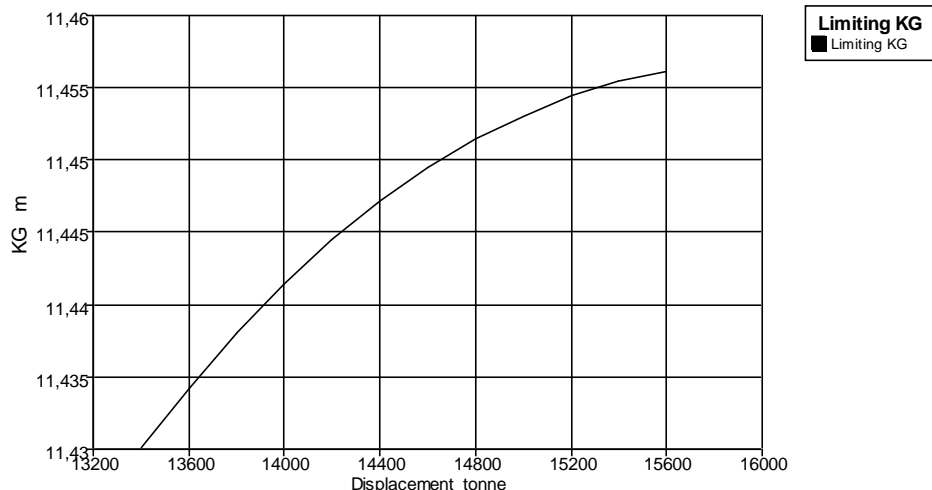
Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Heel to starboard; heel range: from -60 deg to 60 deg in steps of 10 deg; to 120 deg in steps of 20 deg.

### Criteria tested:

- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 30
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 30 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.3: Angle of maximum GZ
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.4: Initial GMt
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.2.2: Severe wind and rolling

Displacement tonne	Limit KG m	Criterion	Name
13400	11,430	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
13600	11,434	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
13800	11,438	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
14000	11,441	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
14200	11,444	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
14400	11,447	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
14600	11,449	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
14800	11,452	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
15000	11,453	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
15200	11,454	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
15400	11,455	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
15600	11,456	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling





### 3.3 KG LÍMITE POR ESTABILIDAD A LOS CALADOS ds, dp y dl

#### Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Heel to starboard; heel range: from -60 deg to 60 deg in steps of 10 deg; to 120 deg in steps of 20 deg.

Criteria tested:

- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 30
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 30 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.3: Angle of maximum GZ
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.4: Initial GMt
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.2.2: Severe wind and rolling

	Displacement tonne	Limit KG m	Criterion	Name
ds	15486	11,456	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling
dp	13432	11,534	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling

#### Fixed Trim = 0,225 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Heel to starboard; heel range: from -60 deg to 60 deg in steps of 10 deg; to 120 deg in steps of 20 deg.

Criteria tested:

- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 30
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 0 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.1: Area 30 to 40
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.3: Angle of maximum GZ
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.1.2.4: Initial GMt
- A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships3.2.2: Severe wind and rolling

	Displacement tonne	Limit KG m	Criterion	Name
dl	10700	11,479	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling



Buque CON-RO/RO  
Cuaderno 12: Situaciones de  
longitudinal



Proyecto nº10 2008-2009  
carga y resistencia



## 3.4 VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DESPUÉS DE AVERÍAS

### 3.4.1 Cálado máximo de compartimentado ds= 6,18 m. Asiento 0

UN COMPARTIMENTO													
ZONAS	x1	x2	x2-x1	b	J	p(p1 o p2)	Jb	C	J0	G	r	p*r	p*(1-r)
14	0,000	8,027	8,027		0,045	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027
13	8,027	22,017	13,990		0,078	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028
12	22,017	33,487	11,470		0,064	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
11	33,487	39,521	6,034		0,034	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
10	39,521	65,431	25,910		0,145	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082
9	65,431	78,031	12,600	2,290	0,070	0,023	0,007	0,296	0,007	0,005	0,441	0,010	0,013
8	78,031	92,031	14,000	2,290	0,078	0,028	0,007	0,296	0,007	0,005	0,429	0,012	0,016
7	92,031	106,031	14,000	2,290	0,078	0,028	0,007	0,296	0,007	0,005	0,429	0,012	0,016
6	106,031	120,031	14,000	2,290	0,078	0,028	0,007	0,296	0,007	0,005	0,429	0,012	0,016
5	120,031	134,031	14,000	3,440	0,078	0,028	0,010	0,427	0,010	0,008	0,585	0,017	0,012
4	134,031	148,031	14,000	6,310	0,078	0,028	0,018	0,700	0,018	0,013	0,839	0,024	0,005
3	148,031	162,031	14,000	6,170	0,078	0,028	0,018	0,688	0,018	0,013	0,831	0,024	0,005
2	162,031	168,171	6,140	2,680	0,034	0,006	0,008	0,342	0,008	0,003	0,620	0,004	0,002
1	168,171	179,281	11,110		0,062	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040
												0,114	0,288





ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14	8,5	0,2379	0,7621	1		1,0000	0,0000	0,0065	0,0209
13	8,5	0,2379	0,7621	1		0,9383	0,0000	0,0063	0,0202
12	8,5	0,2379	0,7621	1		0,9530	0,0000	0,0045	0,0143
11	8,5	0,2379	0,7621	1		1,0000	0,0000	0,0014	0,0044
10	8,5	0,2379	0,7621	1		0,7932	0,0000	0,0155	0,0496
9	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0025	0,0031	0,0100
8	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0029	0,0038	0,0123
7	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0029	0,0038	0,0123
6	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0029	0,0038	0,0123
5	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0039	0,0028	0,0090
4	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0057	0,0011	0,0035
3	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0056	0,0011	0,0037
2	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0009	0,0005	0,0017
1	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0000	0,0096	0,0307
TOTAL 1 COMPARTIMENTO							0,0272	0,0640	0,2049

DOS COMPARTIMENTOS

ZONAS	x1	x2	x3	b	J	p12	Jb	C	J0	G	r12	p1	r1	p2	r2	<p*r>	<p*(1-r)>
14-13	0,00	8,03	22,02		0,1228	0,0928	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0274	0,0000	0,0283	0,0000	0,0000	0,0371
13-12	8,03	22,02	33,49		0,1420	0,0797	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0283	0,0000	0,0197	0,0000	0,0000	0,0318
12-11	22,02	33,49	39,52		0,0976	0,0423	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000	0,0168
11-10	33,49	39,52	65,43		0,1782	0,1132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,0000	0,0820	0,0000	0,0000	0,0254
10-9	39,52	65,43	78,03		0,2148	0,1483	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820	0,0000	0,0234	0,0000	0,0000	0,0429
9-8	65,43	78,03	92,03	2,29	0,1484	0,0855	0,0067	0,2960	0,0067	0,0104	0,3818	0,0234	0,6099	0,0284	0,5549	0,0027	0,0311
8-7	78,03	92,03	106,03	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
7-6	92,03	106,03	120,03	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
6-5	106,03	120,03	134,03	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
5-4	120,03	134,03	148,03	3,44	0,1562	0,0927	0,0100	0,4265	0,0100	0,0162	0,5266	0,0284	0,7535	0,0284	0,7535	0,0061	0,0299
4-3	134,03	148,03	162,03	6,17	0,1562	0,0927	0,0180	0,6880	0,0180	0,0276	0,7808	0,0284	0,9913	0,0284	0,9913	0,0161	0,0198
3-2	148,03	162,03	168,17	2,68	0,1123	0,0540	0,0078	0,3416	0,0078	0,0091	0,4526	0,0284	0,5528	0,0060	1,3372	0,0007	0,0189
2-1	162,03	168,17	179,28		0,0962	0,0687	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000	0,0403	0,0000	0,0000	0,0225
																0,0343	0,3753



ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM+V)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14-13	8,5	0,2379	0,7621	1		0,7893	0,0000	0,0000	0,0223
13-12	8,5	0,2379	0,7621	1		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12-11	8,5	0,2379	0,7621	1		0,7686	0,0000	0,0000	0,0099
11-10	8,5	0,2379	0,7621	1		0,6658	0,0000	0,0000	0,0129
10-9	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,5681	0,0000	0,0102	0,0186
9-8	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,8876	0,0006	0,0074	0,0210
8-7	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,8773	0,0007	0,0079	0,0221
7-6	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,8825	0,0007	0,0079	0,0222
6-5	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,8675	0,0007	0,0079	0,0219
5-4	8,5	0,2379	0,7621	1	1	0,8862	0,0014	0,0071	0,0202
4-3	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0038	0,0047	0,0151
3-2	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0002	0,0045	0,0144
2-1	8,5	0,2379	0,7621	1	1	1,0000	0,0000	0,0053	0,0171
<b>TOTAL 2 COMPARTIMENTOS</b>							<b>0,0082</b>	<b>0,0629</b>	<b>0,2176</b>
				<b>0,2887</b>					

### 3.4.2 Cálado de compartimentado parcial, dp= 5,588 m. Asiento 0

UN COMPARTIMENTO													
ZONAS	x1	x2	x2-x1	b	J	p1	Jb	C	J0	G	r1	p*r	p*(1-r)
14	0,0000	8,0269	8,0269		0,0448	0,0274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0274
13	8,0269	22,0169	13,9900		0,0780	0,0283	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0283
12	22,0169	33,4869	11,4700		0,0640	0,0197	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197
11	33,4869	39,5209	6,0340		0,0337	0,0058	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058
10	39,5209	65,4309	25,9100		0,1445	0,0820	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820
9	65,4309	78,0309	12,6000	2,2900	0,0703	0,0234	0,0067	0,2960	0,0067	0,0048	0,4409	0,0103	0,0131
8	78,0309	92,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
7	92,0309	106,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
6	106,0309	120,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
5	120,0309	134,0309	14,0000	3,4400	0,0781	0,0284	0,0100	0,4265	0,0100	0,0078	0,5846	0,0166	0,0118
4	134,0309	148,0309	14,0000	6,3100	0,0781	0,0284	0,0184	0,6995	0,0184	0,0132	0,8394	0,0238	0,0046
3	148,0309	162,0309	14,0000	6,1700	0,0781	0,0284	0,0180	0,6880	0,0180	0,0130	0,8306	0,0235	0,0048
2	162,0309	168,1709	6,1400	2,6800	0,0342	0,0060	0,0078	0,3416	0,0078	0,0025	0,6204	0,0037	0,0023
1	168,1709	179,2809	11,1100		0,0620	0,0403	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0403
												<b>0,1145</b>	<b>0,2885</b>



ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0082	0,0192
13	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0085	0,0199
12	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0059	0,0138
11	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0017	0,0041
10	8,5	0,2987	0,7013	1		0,9905	0,0000	0,0243	0,0570
9	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0031	0,0039	0,0092
8	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0036	0,0048	0,0113
7	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0036	0,0048	0,0113
6	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0036	0,0048	0,0113
5	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0050	0,0035	0,0083
4	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0071	0,0014	0,0032
3	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0070	0,0014	0,0034
2	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0011	0,0007	0,0016
1	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0000	0,0120	0,0282
							0,0342	0,0859	0,2018
TOTAL 1 COMPARTIMENTO					0,3219				

ZONAS	x1	x2	x3	b	J	p12	Jb	C	J0	G	r12	p1	r1	p2	r2	<p*r>	<p*(1-r)>
14-13	0,0000	8,0269	22,0169		0,1228	0,0928	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0274	0,0000	0,0283	0,0000	0,0000	0,0371
13-12	8,0269	22,0169	33,4869		0,1420	0,0797	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0283	0,0000	0,0197	0,0000	0,0000	0,0318
12-11	22,0169	33,4869	39,5209		0,0976	0,0423	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000	0,0168
11-10	33,4869	39,5209	65,4309		0,1782	0,1132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,0000	0,0820	0,0000	0,0000	0,0254
10-9	39,5209	65,4309	78,0309		0,2148	0,1483	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820	0,0000	0,0234	0,0000	0,0000	0,0429
9-8	65,4309	78,0309	92,0309	2,2900	0,1484	0,0855	0,0067	0,2960	0,0067	0,0104	0,3818	0,0234	0,6099	0,0284	0,5549	0,0027	0,0311
8-7	78,0309	92,0309	106,0309	2,2900	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
7-6	92,0309	106,0309	120,0309	2,2900	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
6-5	106,0309	120,0309	134,0309	2,2900	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
5-4	120,0309	134,0309	148,0309	3,4400	0,1562	0,0927	0,0100	0,4265	0,0100	0,0162	0,5266	0,0284	0,7535	0,0284	0,7535	0,0061	0,0299
4-3	134,0309	148,0309	162,0309	6,1700	0,1562	0,0927	0,0180	0,6880	0,0180	0,0276	0,7808	0,0284	0,9913	0,0284	0,9913	0,0161	0,0198
3-2	148,0309	162,0309	168,1709	2,6800	0,1123	0,0540	0,0078	0,3416	0,0078	0,0091	0,4526	0,0284	0,5528	0,0060	1,3372	0,0007	0,0189
2-1	162,0309	168,1709	179,2809		0,0962	0,0687	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000	0,0403	0,0000	0,0000	0,0225
																0,0343	0,3753



ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM+V)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14-13	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0000	0,0260
13-12	8,5	0,2987	0,7013	1		0,9506	0,0000	0,0000	0,0212
12-11	8,5	0,2987	0,7013	1		1,0000	0,0000	0,0000	0,0118
11-10	8,5	0,2987	0,7013	1		0,8927	0,0000	0,0000	0,0159
10-9	8,5	0,2987	0,7013	1	1	0,8302	0,0000	0,0128	0,0250
9-8	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0008	0,0093	0,0218
8-7	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0009	0,0099	0,0232
7-6	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0009	0,0099	0,0232
6-5	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0009	0,0099	0,0232
5-4	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0018	0,0089	0,0210
4-3	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0048	0,0059	0,0139
3-2	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0002	0,0056	0,0133
2-1	8,5	0,2987	0,7013	1	1	1,0000	0,0000	0,0067	0,0157
<b>TOTAL 2 COMPARTIMENTOS</b>							<b>0,0102</b>	<b>0,0789</b>	<b>0,2551</b>



### 3.4.3 Cálado de servicio en rosca, $d_l = 4,7$ m (Calado mínimo de servicio). Asiento 0,225 m

UN COMPARTIMENTO													
ZONAS	x1	x2	x2-x1	b	J	p1	Jb	C	J0	G	r1	p*r	p*(1-r)
14	0,0000	8,0269	8,0269		0,0448	0,0274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0274
13	8,0269	22,0169	13,9900		0,0780	0,0283	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0283
12	22,0169	33,4869	11,4700		0,0640	0,0197	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197
11	33,4869	39,5209	6,0340		0,0337	0,0058	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058
10	39,5209	65,4309	25,9100		0,1445	0,0820	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820
9	65,4309	78,0309	12,6000	2,2900	0,0703	0,0234	0,0067	0,2960	0,0067	0,0048	0,4409	0,0103	0,0131
8	78,0309	92,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
7	92,0309	106,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
6	106,0309	120,0309	14,0000	2,2900	0,0781	0,0284	0,0067	0,2960	0,0067	0,0054	0,4295	0,0122	0,0162
5	120,0309	134,0309	14,0000	3,4400	0,0781	0,0284	0,0100	0,4265	0,0100	0,0078	0,5846	0,0166	0,0118
4	134,0309	148,0309	14,0000	6,3100	0,0781	0,0284	0,0184	0,6995	0,0184	0,0132	0,8394	0,0238	0,0046
3	148,0309	162,0309	14,0000	6,1700	0,0781	0,0284	0,0180	0,6880	0,0180	0,0130	0,8306	0,0235	0,0048
2	162,0309	168,1709	6,1400	2,6800	0,0342	0,0060	0,0078	0,3416	0,0078	0,0025	0,6204	0,0037	0,0023
1	168,1709	179,2809	11,1100		0,0620	0,0403	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0403
												<b>0,1145</b>	<b>0,2885</b>

ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0107	0,0167
13	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0110	0,0173
12	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0077	0,0120
11	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0023	0,0035
10	8,5	0,3897	0,6103	1		0,8891	0,0000	0,0284	0,0445
9	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0040	0,0051	0,0080
8	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0047	0,0063	0,0099
7	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0047	0,0063	0,0099
6	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0047	0,0063	0,0099
5	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0065	0,0046	0,0072
4	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0093	0,0018	0,0028
3	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0092	0,0019	0,0029
2	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0015	0,0009	0,0014
1	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0000	0,0157	0,0246
<b>TOTAL 1 COMPARTIMENTO</b>							<b>0,0446</b>	<b>0,1089</b>	<b>0,1705</b>



DOS COMPARTIMENTOS

ZONAS	x1	x2	x3	b	J	p12	Jb	C	J0	G	r12	p1	r1	p2	r2	<p*r>	<p*(1-r)>
14-13	0,000	8,027	22,017		0,1228	0,0928	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0274	0,0000	0,0283	0,0000	0,0000	0,0371
13-12	8,027	22,017	33,487		0,1420	0,0797	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0283	0,0000	0,0197	0,0000	0,0000	0,0318
12-11	22,017	33,487	39,521		0,0976	0,0423	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000	0,0168
11-10	33,487	39,521	65,431		0,1782	0,1132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,0000	0,0820	0,0000	0,0000	0,0254
10-9	39,521	65,431	78,031		0,2148	0,1483	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0820	0,0000	0,0234	0,0000	0,0000	0,0429
9-8	65,431	78,031	92,031	2,29	0,1484	0,0855	0,0067	0,2960	0,0067	0,0104	0,3818	0,0234	0,6099	0,0284	0,5549	0,0027	0,0311
8-7	78,031	92,031	106,031	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
7-6	92,031	106,031	120,031	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
6-5	106,031	120,031	134,031	2,29	0,1562	0,0927	0,0067	0,2960	0,0067	0,0110	0,3795	0,0284	0,5688	0,0284	0,5688	0,0029	0,0331
5-4	120,031	134,031	148,031	3,44	0,1562	0,0927	0,0100	0,4265	0,0100	0,0162	0,5266	0,0284	0,7535	0,0284	0,7535	0,0061	0,0299
4-3	134,031	148,031	162,031	6,17	0,1562	0,0927	0,0180	0,6880	0,0180	0,0276	0,7808	0,0284	0,9913	0,0284	0,9913	0,0161	0,0198
3-2	148,031	162,031	168,171	2,68	0,1123	0,0540	0,0078	0,3416	0,0078	0,0091	0,4526	0,0284	0,5528	0,0060	1,3372	0,0007	0,0189
2-1	162,031	168,171	179,281		0,0962	0,0687	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000	0,0403	0,0000	0,0000	0,0225
																<b>0,0343</b>	<b>0,3753</b>

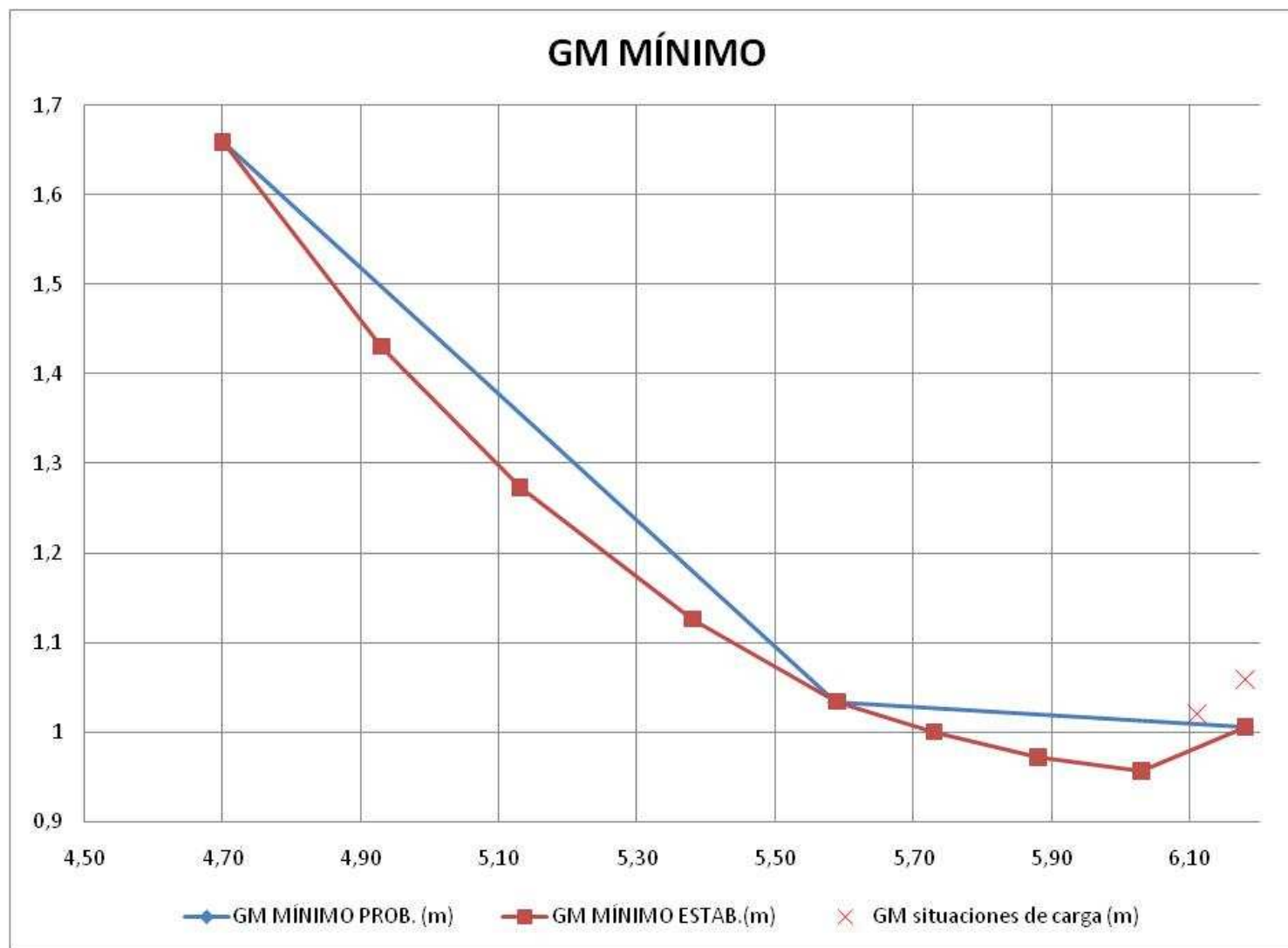
ZONAS	H	v	1-v	s(casco)	s(CAS+MAM)	s(CAS+MAM+V)	pr*s(casco)*v	p(1-r)*s(CAS+MAM)*V	p(1-r)*s(CAS+MAM+V)*(1-v)
14-13	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0000	0,0226
13-12	8,5	0,3897	0,6103	1		0,9506	0,0000	0,0000	0,0184
12-11	8,5	0,3897	0,6103	1		1,0000	0,0000	0,0000	0,0103
11-10	8,5	0,3897	0,6103	1		0,8927	0,0000	0,0000	0,0138
10-9	8,5	0,3897	0,6103	1	1	0,8302	0,0000	0,0167	0,0217
9-8	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0010	0,0121	0,0190
8-7	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0011	0,0129	0,0202
7-6	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0011	0,0129	0,0202
6-5	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0011	0,0129	0,0202
5-4	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0024	0,0117	0,0182
4-3	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0063	0,0077	0,0121
3-2	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0003	0,0074	0,0115
2-1	8,5	0,3897	0,6103	1	1	1,0000	0,0000	0,0088	0,0137
							<b>0,0134</b>	<b>0,1030</b>	<b>0,2219</b>
<b>TOTAL 2 COMPARTIMENTOS</b>				<b>0,3383</b>					



### 3.4.4 Resumen de resultados

#### RESUMEN DE RESULTADOS

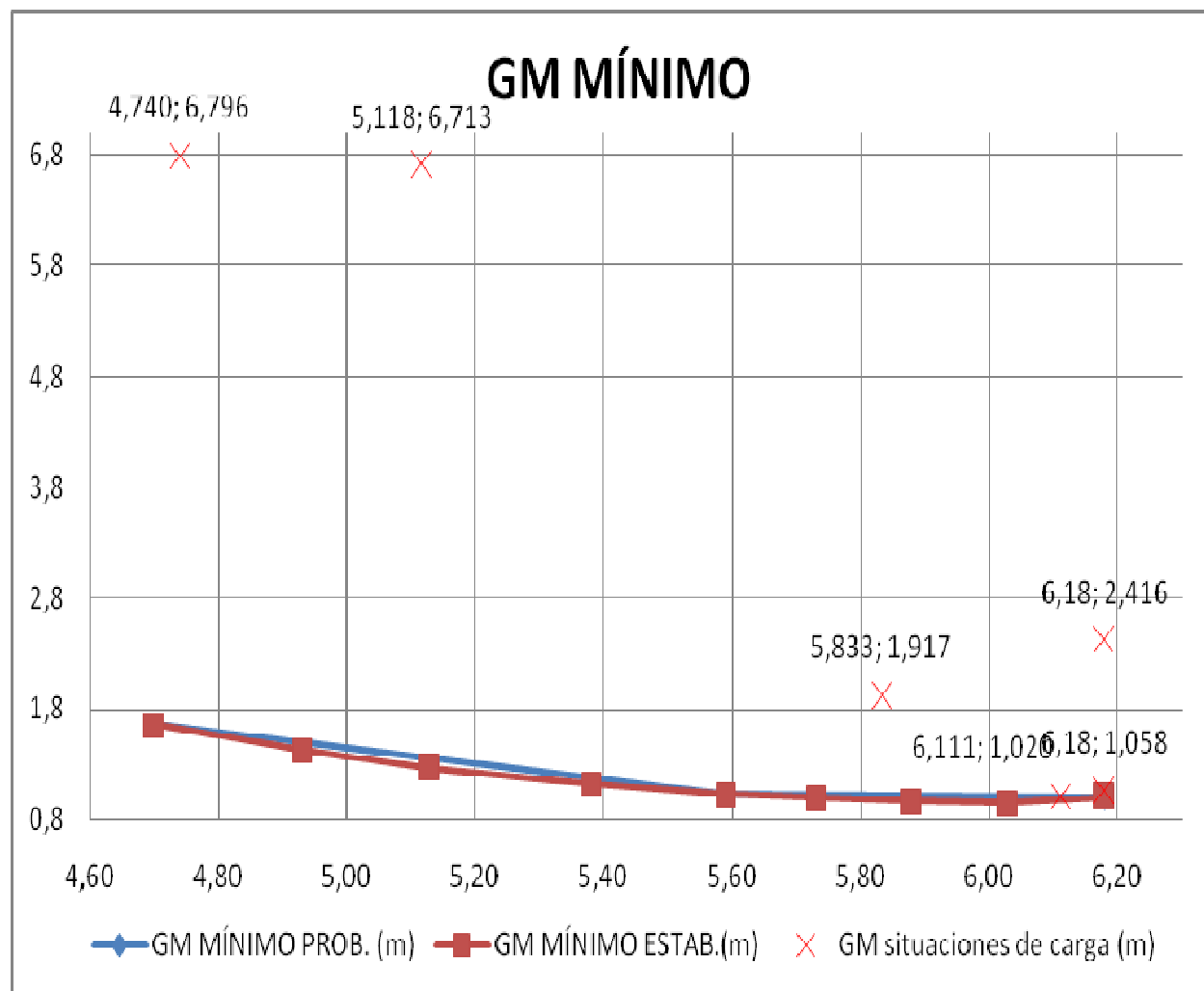
	CALADO (m)	ASIENTO (m)	KG MÁXIMO (m)	INDICE A	AVERÍA 1 COMPAR.	AVERÍA 2 COMPAR.	SUMA (1C+2C)	MINIMO (0,5*R)	¿CUMPLE SUMA>MIN?	FACTOR	TOTAL (SUMA*FACTOR)
ds	6,18	0,000	11,456	As	0,2961	0,2887	0,5848	0,3068	<b>CUMPLE</b>	0,4	0,2339
dp	5,59	0,000	11,534	Ap	0,3219	0,3442	0,6661	0,3068	<b>CUMPLE</b>	0,4	0,2665
dl	4,70	0,225	11,479	Al	0,3240	0,3383	0,6623	0,3068	<b>CUMPLE</b>	0,2	0,1325
										<b>A=</b>	<b>0,6328</b>
										<b>R=</b>	<b>0,6136</b>
										<b>¿CUMPLE A&gt;R?</b>	<b>CUMPLE</b>







CALADO (m)	KM (m)	GM MÍNIMO PROB. (m)	KG MÁXIMO probabi. (m)	DESPL. (t)	KG MÁXIMO estab. (m)	GM MÍNIMO ESTAB.(m)	CALADO SITUACIONES DE CARGA	KG SITUACIONES DE CARGA	GM situaciones de carga (m)
6,18	12,461	1,005	11,456	15486	11,456	1,005	6,18	10,123	2,416
6,03	12,477	1,012	11,465	14960	11,521	0,956	6,18	11,485	1,058
5,88	12,495	1,020	11,475	14442	11,523	0,972	5,833	10,682	1,917
5,73	12,525	1,027	11,498	13933	11,525	1,000	6,111	11,446	1,020
5,59	12,568	1,034	11,534	13432	11,534	1,034	5,118	6,097	6,713
5,38	12,648	1,181	11,467	12776	11,522	1,126	4,740	6,355	6,796
5,13	12,787	1,357	11,430	11975	11,514	1,273			
4,93	12,931	1,497	11,434	11343	11,501	1,430			
4,70	13,137	1,658	11,479	10700	11,479	1,658			

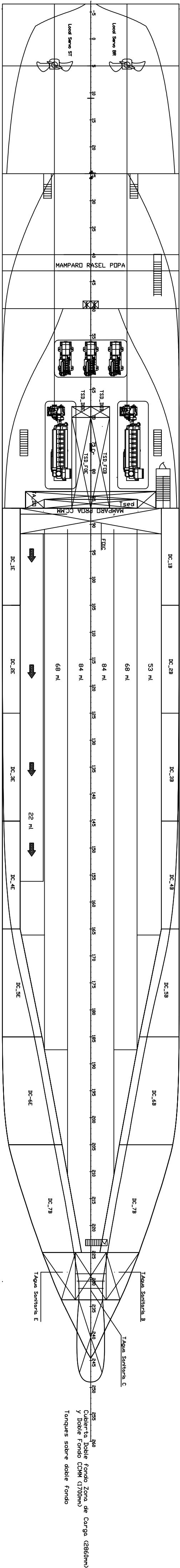




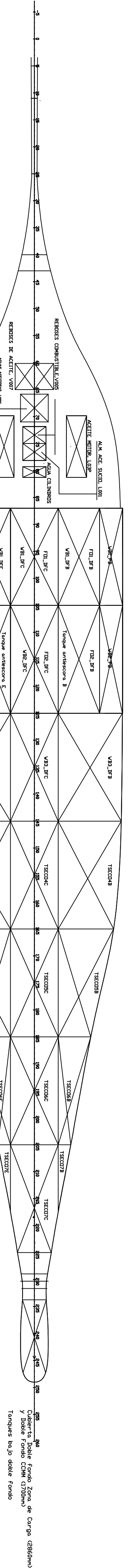
*Buque CON-RO/RO*  
*Cuaderno 12: Situaciones de*  
*longitudinal*



*Proyecto nº10 2008-2009*  
*carga y resistencia*



TANQUES SOBRE DOBLE FONDO ZONA DE CARGA 2860 mm DBI



TANQUES BAJO DOBLE FONDO ZONA DE CARGA 2860 mm DBL

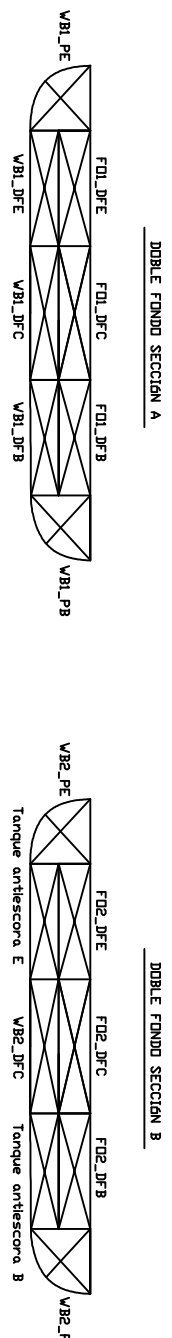
[illegible][illegible]

TABLE 10: AGENT									
Item Name	REFERENCE				OTHER VALUES				
	UNIT	VALUE	LONG. UNIT	TRAIL. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT
AGENT EPOCH LOSS	AGREEMENT	0.67	3.10	2.41	0.93				
AGENT EPOCH LOSS	AGREEMENT	0.62	3.09	2.69	0.90	0.791			
ALL AG. EPOCH LOSS	AGREEMENT	0.622	3.254	2.524	0	1			
AGENT EPOCH LOSS	AGREEMENT	0.62	3.10	2.41	0.93				
REFERENCE AGENT EPOCH	REFERENCE OF AGENT	0.597	10.32	43.97	126	1	1		
OTHER VALUES									
Item Name	REFERENCE				OTHER VALUES				
	UNIT	VALUE	LONG. UNIT	TRAIL. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT
Train Loss using 0.8	AGREEMENT	0.196	8.87	32.48	0.090	0.090			
Train Loss using 0.8	AGREEMENT	0.196	8.87	32.48	0.090	0.090			
Train Loss using 0.8	AGREEMENT	0.196	8.87	32.48	0.090	0.090			
AG. LOSS AGENT EPOCH 0.000	AGREEMENT	1.355	14.77	47.84	0	1			
AG. LOSS AGENT EPOCH 0.000	AGREEMENT	1.355	14.77	47.84	0	1			
REFERENCE AGENT EPOCH	REFERENCE OF AGENT	0.597	10.32	43.97	126	1	1		
REFERENCE AGENT EPOCH	REFERENCE OF AGENT	0.597	10.32	43.97	126	1	1		
REFERENCE AGENT EPOCH	REFERENCE OF AGENT	0.597	10.32	43.97	126	1	1		
Train Loss using 0.900/0.000	AGREEMENT	1.715	1.88	34.72	0.5	4.815			
Train Loss using 0.900/0.000	AGREEMENT	1.715	1.88	34.72	0.5	4.815			
Train Loss using 0.900/0.000	AGREEMENT	1.715	1.88	34.72	0.5	4.815			





# UPM-ETSIN



## Presupuesto

---

PFC nº 10 – Cuaderno 13

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez



## Índice

1.Introducción.....	3
2.Presupuesto.....	4
2.1 Gastos Varios del Astillero.....	4
2.2 Coste del Acero.....	4
2.3 Coste de la Mano de Obra.....	4
2.4 Coste de la Maquinaria.....	5
2.5 Coste del Equipo y la Habilitación.....	6
3.Resumen del Presupuesto.....	8
4.Bibliografía.....	9



## 1. Introducción

El presupuesto del buque tiene un carácter temporal muy acusado ya que está sometido a la ley de la oferta y la demanda muy poco estable en el sector naval como se ha notado en los últimos años. Es por ello que se va a tratar de dar un enfoque más genérico a este cuaderno de modo que su validez sea más duradera.

Cabe hacer hincapié, que al igual que otros aspectos del buque, el presupuesto es susceptible a la espiral de proyecto, concretándose cada vez más con el grado de definición de éste. Así, se va a realizar un presupuesto preliminar de construcción del buque donde se contemplarán las siguientes partidas principales:

- Gastos Varios del Astillero
- Coste del Acero
- Coste de la Mano de Obra
- Coste de la Maquinaria
- Coste del Equipo y la Habilitación





## 2. Presupuesto

### 2.1 Gastos Varios del Astillero

CONCEPTO	GASTO
PROYECTO	200.000,00 €
CLASIFICACIÓN, REGLAMENTOS Y CERTIFICADOS	70.000,00 €
PRUEBAS Y GARANTIA	50.000,00 €
SEGUROS Y GASTOS FINANCIEROS	250.000,00 €
<b>SUBTOTAL GASTOS VARIOS</b>	<b>570.000,00 €</b>

### 2.2 Coste del Acero

El precio aproximado de la tonelada de acero naval en sus diferentes configuraciones (perfiles, planchas y otras piezas) es del orden de 602 €/t. Al peso de acero se debe añadir un 15% en sobrantes que se pierden durante la fase de construcción. Se considera un 65% del acero destinado a chapas, un 32% a perfiles y el 3% restante a piezas fundidas, piezas forjadas y timones. Partiendo por tanto de un peso neto de 4762t y el correspondiente 15% por desperdicio de material, es decir 5476 t.

COSTE ACERO					
CONCEPTO	PESO		COSTE/UNITARIO		COSTE
CHAPAS	2877,63	t	602	€/t	1.732.335,97 €
PERFILES	1416,68	t	602	€/t	852.842,32 €
PIEZAS FUNDIDAS Y FORJADAS Y TIMONES	132,81	t	602	€/t	79.953,97 €
15% SOBRANTES ACERO	664,07	t	602	€/t	399.769,84 €
<b>SUBTOTAL ACERO</b>	<b>5091,20</b>	<b>t</b>	<b>602</b>	<b>€/t</b>	<b>3.064.902,10 €</b>



## 2.3 Coste de la Mano de Obra

El precio medio de la mano de obra en España es del orden de 50 €/h, 60€/h personal en plantilla, 40€/h personal subcontratado. Para este tipo de buque se necesitan del orden de 70 horas de trabajo por cada tonelada de acero, es decir 448000 horas.

Por otra parte se necesitan del orden de 550000 horas para el armamento del buque.

El presupuesto de mano de obra resulta:

CONCEPTO	HORAS		COSTE/UNITARIO		COSTE
ACERO	356383,97	h	50	€/h	17.819.198,25 €
ARMAMENTO	550000	h	50	€/h	27.500.000,00 €
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>906383,97</b>	<b>h</b>	<b>50</b>	<b>€/h</b>	<b>45.319.198,25 €</b>

## 2.4 Coste de la Maquinaria

En este apartado se realiza un desglose de las diferentes partidas que componen la maquinaria en la forma siguiente:

- Equipos principales
- Elementos auxiliares
- Varios del grupo de máquinas

CONCEPTO	BHP		COSTE/UNITARIO		COSTE
MOTORES PRINCIPALES	15776	BHP	210	€/BHP	3.312.960,00 €
REDUCTORAS	15776	BHP	80	€/BHP	1.262.080,00 €
EJES, BOCINAS, HÉLICES, CHUMACERAS	15776	BHP	130	€/BHP	2.050.880,00 €
MOTORES AUXILIARES	15776	BHP	180	€/BHP	2.839.680,00 €
GRUPO EMERGENCIA	15776	BHP	110	€/BHP	1.735.360,00 €
<b>SUBTOTAL MAQUINARIA</b>					<b>4.575.040,00 €</b>



Desglosamos a continuación el presupuesto estimado para la maquinaria auxiliar.

CONCEPTO	COSTE
Calderetas de gases de escape	740.000,00 €
Botellas de arranque	50.000,00 €
Compresores	185.000,00 €
Generadores de agua dulce	230.000,00 €
Máquinas en talleres	125.000,00 €
Purificadoras	350.000,00 €
Calentadores sanitarios	120.000,00 €
Plantas de vacío y tratamiento de agua	280.000,00 €
Equipo desmontaje máquinas	90.000,00 €
Bombas de vacío y tratamiento aguas negras	152.000,00 €
Intercambiadores de calor	192.000,00 €
Ascensores	180.000,00 €
Máquina frigorífica	150.000,00 €
<b>SUBTOTAL MAQUINARIA AUXILIAR</b>	<b>2.844.000,00 €</b>

Desglosamos en la siguiente tabla el presupuesto estimado para la partida de equipos varios para maquinaria.

CONCEPTO	€/Kg	Peso	COSTE
Silenciadores y tubos de escape	0.90	110	99.000,00 €
Respetos y herramientas auxiliares	0.90	95	85.500,00 €
Tuberías de máquinas	0.90	360	324.000,00 €
Tuberías fuera de máquinas	0.90	120	108.000,00 €
Válvulas, pocetes, filtros.....	0.90	100	90.000,00 €
Válvulas fuera cámara de máquinas	0.90	15	13.500,00 €
Pisos CM, calderas y bombas	0.90	75	67.500,00 €
Polines de máquinas, calderas y aux.	0.90	70	63.000,00 €
Tanques no estructurales y accesos	0.90	45	40.500,00 €
Escalas y accesos en CM	0.90	38	34.200,00 €
<b>SUBTOTAL VARIOS MÁQUINAS</b>			<b>925.200,00 €</b>



## 2.5 Coste del Equipo y la Habilitación

El coste del Equipo y la Habilitación puede desglosarse en las siguientes partidas.

- Sistema de Amarre y Fondeo
- Salones y Camarotes
- Varios Equipo y Habilitación

El desglose de costes en cuanto al sistema de amarre y fondeo tenemos

CONCEPTO	COSTE
Anclas	63.087,00 €
Cadenas, cables y estachas	54.093,00 €
<b>SUBTOTAL AMARRE Y FONDEO</b>	<b>117.180,00 €</b>

Desglosamos en la siguiente tabla el cote de la partida de Salones y Camarotes

CONCEPTO	COSTE
Camarotes	2.570.000,00 €
Salones	1.950.500,00 €
<b>SUBTOTAL SALONES Y CAMAROTES</b>	<b>4.520.500,00 €</b>

Finalmente el desglose de la partida de equipos varios y habilitación

CONCEPTO	COSTE
Control computerizado del buque	900.000,00 €
Cine, radio, televisión	620.000,00 €
Equipos de música	250.000,00 €
Electricidad	2.800.000,00 €
Material CI	680.000,00 €
Cargos contra maestre y carpintería	60.000,00 €
Pinturas	580.000,00 €
Calzos, tensores, trincas	30.000,00 €
Sprinklers	240.000,00 €



CONCEPTO	COSTE
Instalaciones CO2	90.000,00 €
Portalón popa	520.000,00 €
Puertas	51.000,00 €
Ventanas	25.000,00 €
Material sanitario	75.000,00 €
Ventiladores de máquinas	220.000,00 €
Aire acondicionado	2.660.000,00 €
Ánodos	39.000,00 €
Hélices transversales	310.000,00 €
Estabilizadores	720.000,00 €
Servos	370.000,00 €
Botes	220.000,00 €
Pescantes balsas	170.000,00 €
<b>SUBTOTAL VARIOS EQUIPO Y HABILITACIÓN</b>	<b>12.630.000,00 €</b>

### 3. Resumen del Presupuesto

CONCEPTO	COSTE
SUBTOTAL GASTOS VARIOS	570.000,00 €
SUBTOTAL ACERO	3.064.902,10 €
SUBTOTAL MANO DE OBRA	45.319.198,25 €
SUBTOTAL MAQUINARIA	4.575.040,00 €
SUBTOTAL MAQUINARIA AUXILIAR	2.844.000,00 €
SUBTOTAL VARIOS MÁQUINAS	925.200,00 €
SUBTOTAL AMARRE Y FONDEO	117.180,00 €
SUBTOTAL SALONES Y CAMAROTES	4.520.500,00 €
SUBTOTAL VARIOS EQUIPO Y HABILITACIÓN	12.630.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>74.566.020,35 €</b>

El precio final del buque para el Armador ha de incrementarse con la financiación de acuerdo con el plazo de entrega del buque, el ajuste por divisas (3%), además de la única subvención posible que sería a través de las ayudas por innovación (2.5%), así como añadir el beneficio de astillero (5%), lo que daría un posible precio del buque de **80.294.678,13 €**.



## 4. Bibliografía

1. **Proyecto básico del Buque Mercante.** D. Ricardo Alvariño Castro, D. Juan José Azpíroz Azpíroz, D. Manuel Meizoso Fernández, Fondo Editorial de Ingeniería Naval Colegio Oficial de Ingenieros Navales 2007.

UPM-ETSIN



# Memoria Final

---

PFC nº 10 – Cuaderno 14

Matías Bartolomé Robles – Borja Aguiló Pórtulas

Tutor: D. Sebastián Abril Pérez

Índice

1. Análisis del grado de Cumplimiento.....3

1.1 Capacidad de Carga..... 3

1.2 Velocidad y Autonomía. .... 5

1.3 Cumplimiento Reglamentos y Normativa aplicables..... 5





## 1. Análisis del grado de Cumplimiento.

En los anteriores cuadernos se ha desarrollado el proyecto de un buque CON-RO-RO cuya misión es el transporte de mercancías, en forma de Contenedores y Tráileres, con una autonomía de hasta 8000 millas náuticas a una velocidad de crucero moderada de alrededor de los 17 nudos, cuya especificación es la siguiente.

---

Tipo de buque:	CON-RO-RO
Capacidad de carga	
Carga 1:	1400 metros lineales
Carga 2:	500 TEU's sobre cubierta
Peso Muerto:	7500 tpm
Sociedad de Clasificación:	Bureau Veritas Cámara Desatendida
Reglamentos:	Solas-2009, Marpol, Convenio Líneas de Carga
Velocidad:	18 nudos al 85% MCR en pruebas
Autonomía:	8000 millas al 90% MCR y 15% margen de mar
Tripulación:	25 personas

---

### 1.1 Capacidad de Carga

El buque se ha proyectado partiendo de cero. Para ello se ha tenido en cuenta que es un buque de volumen y en consecuencia sus dimensiones principales aumentan en cantidades discretas que son proporcionales a las dimensiones de la carga o cargas unitarias transportadas. En consecuencia, el punto de partida para llevar a cabo el dimensionamiento de este buque proyecto fue conocer las dimensiones principales de la carga unitaria a transportar, la capacidad necesaria, su disposición dentro del buque y el peso de la misma para el análisis posterior de estabilidad.

En cuanto a la capacidad de carga la especificación del buque establece que deben transportarse 1400 metros lineales de tráileres y/o 500 TEUs y que el peso muerto sea de 7500 toneladas (En la especificación no se indica si será carga simultanea o no).

En lo relativo a su disposición se estudió varias disposiciones generales de buques de similares características y cometido. De este estudio resulto seleccionado el buque SEAGARD de la compañía TRANSFENICA, siendo por tanto este el buque base que se utilizo para determinar



descuentos por formas.

En base a todo lo indicado se generó un gran número de alternativas resultado finalmente seleccionada aquella que en base a criterios técnicos y económicos resultaba más viable.

Todas las alternativas que se valoraron fueron contrastadas con una base de datos de buques de similares características con el fin de verificar que los parámetros a dimensionales y demás eran aceptables.

Es importante destacar que la alternativa proyecto que se seleccionó permite carga simultanea, ya que se consideró que si bien el coste inicial de un buque diseñado para carga no simultanea tiene un coste inicial menor por sus menores dimensiones, desde el punto de vista de explotación tendría menos posibilidades de situaciones de carga y además tendrá la drástica situación de que cuando vaya con los 1400 metros lineales de trailers sé este desaprovechando algo menos de la mitad de su capacidad de peso muerto ( $1400m \times 2t/mL = 2800t \rightarrow$  entorno a 4700t toneladas desaprovechadas).

El resultado final fue el proyecto que antecede a este documento, en que la distribución de la carga se realiza principalmente estibando los contenedores en cubierta y la carga rodada en cubierta principal y bodega donde se dispone de 1466 metros lineales, un 0,05% más de lo especificado.

Así, se considera cumplido el requisito de carga a transportar.

Nº TOTAL TEU		500										Toneladas (t)		XG (m)		t · m		YG (m)		t · m		ZG (m)		t · m			
TOTAL TEU (t)		3805										Contenedores		3805		87,20		331792,86		0,00		0,00		17,90		68117,61	
XG (m)		87,199										Trailers		2800,382		80,57		225626,45		0,00		0,00		9,02		25258,84	
YG (m)		0,000										TOTAL		6605,382		84,39		557419,32		0,00		0,00		14,14		93376,45	
ZG(m)		17,902																									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2	2	2	
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2			
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2			
0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	

Ref x	2,733	L contenedor	6,096	B contenedor	2,438	D contenedor	2,591	D a cubierta expuesta	14,14	P medio TEU	7,61
-------	-------	--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------	-----------------------	-------	-------------	------



Nº TOTAL TEU	500
TOTAL TEU (t)	6400
XG (m)	81,493
YG (m)	0,000
ZG(m)	17,757

	Toneladas (t)	XG (m)	t · m	YG (m)	t · m	ZG (m)	t · m
Contenedores	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03
Trailers	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6400	81,49	521557,25	0,00	0,00	17,76	113645,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2

Ref x 2,733 L contenedor 6,096 B contenedor 2,438 D contenedor 2,591 D a cubierta expuesta 14,14 P medio TEU 12,8

**Distribución de los TEUs en Cubierta Expuesta condición de carga "500TEUs".**

## 1.2 Velocidad y Autonomía.

La velocidad especificada es la de pruebas, 18kn, se ha diseñado la planta propulsora considerando la condición de pruebas como punto de diseño. Según los cálculos, el buque es capaz de navegar a 18kn y quilla a nivel en aguas tranquilas con un rendimiento propulsivo del 68,79% teniendo una reserva de potencia que permitiría llegar hasta los 19,5 nudos. En navegación con un margen de mar del 15% y pudiendo llegar por especificación al 90%MCR pueden alcanzarse hasta 18 nudos, siendo la velocidad económica para dar la autonomía de 17,3 nudos.

Dicho lo cual se considera cumplido el requerimiento de velocidad y autonomía en la fase de diseño.

## 1.3 Cumplimiento Reglamentos y Normativa aplicables.

El buque ha sido proyecto de modo que cumpla toda la normativa vigente que le es de aplicación (SOLAS, MARPOL y Convenio de Líneas de Carga) y los Reglamentos de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.

Entre la normativa que el buque cumple, cabe destacar el cumplimiento con método probabilístico de estabilidad en averías (Capítulo II-1 del SOLAS 2009). Los cálculos del mismo pueden verse reflejados en el Cuaderno 12.

La estructura del buque ha sido diseñada con el programa MARS 2000 y hojas de cálculo, ambos basados en formulación del reglamento de BV para buques de acero.



Es importante indicar que también se ha valorado normativa futura, es decir, se ha llevado a cabo un análisis de la normativa de carácter retroactivo que puede ser exigida al buque proyecto.

Dentro de este análisis cabe destacar:

- a) **La Instalación de un sistema de gestión de agua de lastre (exigido por el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre).**
- b) **La instalación de Scrubbers (permitido por la Regla 4 del Anexo VI) o adecuación de tanques de almacenamiento y sistema de suministro para usar únicamente MDO.**
- c) Instalación de sistemas de alarma para la guardia de navegación en puente.

Nota: En lo relativo al punto a), el “Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004” no está en vigor. No obstante, en el momento que entre en vigor, el buque proyecto debería cumplir como mínimo con la norma descrita en la regla D-2, es decir disponer de un sistema de gestión de agua de lastre. Los sistemas de gestión de agua de lastre pueden utilizar sustancias activas o no. Si no utilizan sustancias activas serán aprobados por la administración y si utilizan sustancias activas son aprobados IMO. Actualmente hay 18 sistemas aprobados por IMO, estando estos recogidos en la BWM.2/Circ.30. El buque proyecto dispone de espacio para poder ubicar este sistema, quedando a juicio del armador el instalarlo o no en su momento de construcción. Las Sociedades de Clasificación recomiendan instalarlo o al menos tenerlo en cuenta al proyectar el buque. Se prevé que el Convenio entre en vigor a lo largo de 2012.

El punto b) es consecuencia del Anexo VI del MARPOL. Según el mismo, a partir del 1 de enero de 2012, el contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá de 3.5 % masa/masa. Alternativamente, según la Regla 4 del Anexo VI Revisado de MARPOL (MEPC.176(58)), el buque podrá consumir combustibles con un porcentaje de azufre superior al permitido siempre y cuando utilice un método alternativo que sea al menos equivalente en términos de reducción de las emisiones, y este sea aprobado por la Administración. Creemos que esta limitación de contenido máximo de azufre en combustible no tendrá ninguna repercusión técnica en el proyecto, ya que dicha prescripción se puede cumplir sin ningún problema técnico utilizando combustible HFO de bajo contenido en azufre (LSHFO).

En contrapartida a lo anterior, a partir del 1 de enero de 2015, los Buques que operen en Zonas de Control de Emisiones de Sox (ECA) designadas por IMO (Actualmente Mar Báltico, Mar del Norte



y Norteamérica) tendrán que tener en cuenta que el contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo no excederá de 0,10 % masa/masa. Al igual que antes, alternativamente, según la Regla 4 del Anexo VI Revisado de MARPOL (MEPC.176(58)), el buque podrá consumir combustibles con un porcentaje de azufre superior al permitido siempre y cuando utilice un método alternativo que sea al menos equivalente en términos de reducción de las emisiones, y este sea aprobado por la Administración. Esta limitación de contenido de azufre en combustible tendrá como consecuencia o bien consumir MDO en la ECA o instalar un sistema Scrubber aprobado certificado que permita cumplir con dichas limitaciones.

Al proyectar los tanques almacén del buque se tuvo en cuenta esto, y por ellos se dispuso un alto número de tanques almacén, pudiendo almacenar en consecuencia varios tipos de combustible. En vista de esto, y de si el buque va a operar o no en un ECA, queda a juicio del Armador la opción de instalar un sistema alternativo, Scrubber.